



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
PEDRO RUIZ GALLO**  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y  
MATEMÁTICAS



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA  
DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE  
LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**

# **TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**AUTORES:**

**Bach. TÚLLUME AGAPITO, Johnny  
Bach. LLONTOP FARROÑAY, Robert Martin**

**ASESOR:**

**Ing. CHICLAYO PADILLA, Hugo Javier**

**LAMBAYEQUE – PERÚ  
2016**



## **AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**

### **Presentado por:**

Bach. TÚLLUME AGAPITO, Johnny  
Bach. LLONTOP FARROÑAY, Robert Martín

### **Aprobado por:**

---

**Ing. Ramírez Castro, Manuel Javier**  
**Presidente del Jurado**

---

**Ing. Segura Altamirano, Segundo Francisco**  
**Secretario**

---

**Ing. Oblitas Vera, Carlos Leonardo**  
**Vocal**

### **Asesor:**

---

**Ing. Chiclayo Padilla, Hugo Javier**



## **DEDICATORIA:**

A mis Padres por su esfuerzo, amor y templanza.

A mis hermanos por ser fuente inagotable de apoyo y respaldo.

A todas las personas que me acompañaron en el trayecto de mi carrera universitaria a mis amigos, profesores y asesor.

**Johnny Túllume Agapito**



## **DEDICATORIA:**

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

A mis Padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento, por sus consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia, para conseguir mis objetivos.

A mis hermanitas y hermano por estar siempre presentes, mi motivación, inspiración y felicidad, acompañándome y preocupándose siempre porque todo me vaya bien.

**Robert Martin Llontop Farroñay**



## **AGRADECIMIENTO:**

Agradezco infinitamente a mi tutor de tesis, el Ing. Hugo Chiclayo Padilla por sus conocimientos, orientación, paciencia y motivación para obtener mi formación de investigador.

Al Ing. Francisco Segura, por su tiempo, apoyo y dedicación durante el proceso de formación y desarrollo de la tesis.

Al Ing. Carlos Oblitas, por cada una de sus sesiones en las que compartimos opiniones y puntos de vistas en mejora del desarrollo de la tesis.

A mi esposa Lucy Cristina Lopez Chafloque, porque su amor va más allá de un simple apoyo y compañía, porque siempre encontré en ella las palabras de aliento, perseverancia y alegría que he necesitado en mis deseos de superación, porque muchas de estas páginas estarían vacías si no hubiera sido por su constante dedicación en ayuda para concluir esta meta importante.

A mi hija Luana Marina Túllume Lopez, por su alegría y fuente de fortaleza para seguir alcanzando mis metas.

**Johnny Túllume Agapito**



## **AGRADECIMIENTO:**

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo.

A mi tutor de tesis, el Ing. Hugo Chiclayo Padilla por sus conocimientos, dedicación, experiencia y motivación, ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Al Ing. Francisco Segura, Ing. Carlos Oblitas, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

A mi compañero, amigo de tesis Jhonny Tullume, por la confianza que depositó en mí, su constante apoyo, sus indicaciones y orientaciones indispensables en el desarrollo de este trabajo.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, apoyo incondicional, paciencia y los buenos ánimos recibidos por parte de mi padre Roberto Llontop, mi madre Jesusita Farroñay, mis hermanitas Liz y Greysi y mi hermano Milton.

**Robert Martin Llontop Farroñay**



## ÍNDICE DEL CONTENIDO

### DEDICATORIA

### AGRADECIMIENTO

### INTRODUCCIÓN

### RESUMEN

### CAPÍTULO INTRODUCTORIO

1	Título .....	17
2	Personal investigador .....	17
3.	Centro de investigación .....	17
4.	Área de investigación .....	17
5.	Lugar de investigación .....	17
6.	Duración estimada .....	17
7.	Planteamiento del Problema .....	17
8.	Revisión bibliográfica .....	18
8.1.	Antecedentes .....	18
9.	Formato del Problema Científico .....	19
10.	Objetivos .....	20
10.1.	Objetivo General .....	20
10.2.	Objetivos Específicos .....	20
11.	Justificación e importancia de la investigación .....	20
12.	Hipótesis .....	21
13.	Variables .....	21
13.1.	Variable Independiente .....	21
13.2.	Variable Dependiente .....	21
14.	Tipo de investigación .....	22
15.	Diseño y contrastación de la hipótesis .....	22
16.	Población y muestra .....	22
16.1.	Población .....	22
16.2.	Muestra .....	22

### CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1	Winche de Izaje .....	24
1.1.1.	Tipo de winche de izaje .....	24
1.1.2.	Componentes de winche de izaje .....	24
1.1.2.1.	Tambora .....	25
1.1.2.2.	Motor .....	26
1.1.2.3.	Sistema de seguridad .....	26
1.1.2.4.	Palancas de control .....	27
1.1.2.5.	Cables .....	28
1.1.2.5.1.	Tipos de cables .....	29
1.1.2.6.	Jaula, baldes o skips .....	30
1.1.2.7.	Poleas .....	31
1.1.2.8.	Estructura de desplazamiento o castillo .....	32
1.2	Piques .....	36
1.2.1.	Definición de pique .....	36
1.2.2.	Factores para su construcción .....	36



1.2.3. Consideraciones de diseño .....	30
1.2.4. Estructura de un pique .....	36
1.2.5. Formas de la seccion transversal de un pique.....	37
1.2.6. Seccion rectangular .....	37
1.2.7. Seccion circular .....	38
1.2.8. Determinación de dimensiones de la seccion transversal de un pique .....	38
1.2.9. Sistema de arranque del winche de izaje .....	38
1.2.9.1. Definición .....	38
<b>CAPÍTULO 2: CONTROL Y AUTOMATIZACION</b>	
2.1. Sistema de Control .....	48
2.1.1. Introducción al Control.....	48
2.1.2. Qué es el Control .....	49
2.1.3. Sistemas de Control .....	49
2.1.4. Estrategia de Control.....	52
2.1.5. Tipos de Control .....	53
2.1.5.1. Control todo o nada .....	53
2.2 Definiciones en Control .....	54
2.2.1. Campo de medida .....	54
2.2.2. Alcance .....	54
2.2.3. Error .....	54
2.2.4. Exactitud .....	55
2.2.5. Precisión .....	55
2.2.6. Zona muerta.....	55
2.2.7. Repetibilidad .....	55
2.3 Instrumentación Industrial .....	55
2.3.1. Generalidades .....	55
2.3.2. Clases de Instrumentos.....	56
2.3.2.1. En función del instrumento .....	56
2.3.2.1.1. Instrumentos Ciegos.....	56
2.3.2.1.2. Instrumentos Indicadores .....	60
2.3.2.1.3. Instrumentos Transmisores .....	61
2.3.2.1.4. Instrumentos Transmisores Indicadores .....	65
2.3.2.1.5. Elementos Finales de Control.....	66
2.3.2.2 En función de la Variable de Proceso.....	69
2.3.2.2.1. Medidor de Flujo Electromagnético.....	69
2.3.2.2.2. Medidor de Nivel Ultrasónico .....	71
2.3.2.2.3. Lily control .....	72
2.3.2.2.4. Track limit .....	73
2.4 Sistema de Control .....	74
2.4.1. Controlador Lógico Programable .....	74
2.4.1.1. Definición .....	74
2.4.1.2. Estructura de un PLC .....	75
2.4.1.3. Ciclo de ejecución de un PLC.....	77
2.4.1.4. Lenguaje de programación de un PLC .....	77
2.5. Tecnología de Comunicación Industrial .....	79
2.5.1. Comunicación analógica .....	79





2.5.2. Comunicación digital .....	80
2.6. Modelo OSI.....	80
2.7. Protocolos de Comunicación .....	82
2.8. PLC CONTROLLOGIX .....	85
2.9. RSLogix 500 .....	87
2.9.1. Plataformas de programación en RSLOGIX 500 .....	90
2.10. HMI .....	96
2.10.1. Definición .....	96
2.10.2. HMI panel view pluss 1500.....	96
2.10.3. FactoryTalk View studio.....	99
2.11. Sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) .....	102
2.11.1. Definición .....	102
2.11.2. Componentes.....	102
2.11.3. Mecanismos de adquisición de datos .....	103
2.12. Variadores de velocidad.....	104
2.12.1. Principios de funcionamiento.....	104
2.12.2. Funciones adicionales .....	105
2.12.3. Selección de un variador .....	106
2.13. Normas Internacionales .....	113
2.13.1. Norma ISA-S5.1-84 .....	113
2.13.2. Norma ISA-S5.3 .....	114
2.13.3. Norma Nema .....	116
2.13.4. Norma IP .....	118
<b>CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE LA REALIDAD ACTUAL DEL SISTEMA DE IZAJE PREVIO A LA AUTOMATIZACIÓN.</b>	
3.1 Introduccion .....	121
3.2 Proceso de Izaje por piques verticales.....	121
3.3 Consumos y parametros actuales del sistema de izaje.....	125
3.3.1. Reporte de consumo de energía mensual .....	125
3.3.1.1. Consumo de energía vs ciclo de izaje .....	125
3.3.2. Reporte de paradas no programadas del pique .....	127
3.3.2.1. Producción vs paralizaciones antes de la automatización – Año 2011 .....	127
<b>CAPITULO 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE EN PIQUE VERTICAL</b>	
4.1 Introduccion .....	130
4.2 Nuevos parametros de producción .....	130
4.3 Formulas para calcular diagramas de carguio con winches de izaje .....	131
4.4 Calculos de los nuevos parametros de operación del sistema de izaje.....	133
4.5 Descripción del sistema .....	136
4.5.1. Selección del accionamiento de arranque, control e instrumentación .....	136
4.5.1.1. Selección del accionamiento de arranque del sistema de izaje.....	136
4.5.1.1.1 Variador .....	136
4.5.1.2. Selección del accionamiento de control e instrumentación .....	139
4.5.1.2.1 Controlador 1756-L61 .....	140
4.5.1.2.2 Sistema Scada.....	141



4.5.1.2.3 Cuadro resumen PLC .....	143
4.6. Lazo de control .....	144
4.6.1 Estrategias de control .....	146
4.6.1.1 Escalamientos de señales de entrada.....	146
4.6.1.2 Escalamientos de señales de salida .....	153
4.6.2 Direccionamiento de señales entre variador y PLC.....	154
4.7 Diagramas de control del sistema .....	164
4.8 Diagrama de control propuesto .....	165
4.9 Sistema de alarmas actuales en el sistema de izaje .....	166
4.10 Sistema de control de la supervisión.....	167
4.11 Diagrama de bloques del sistema de control.....	168
4.12 Interfaces gráficas del sistema scada de izaje .....	169
4.12.1 Estructuramiento de pantallas de visualización.....	169
4.12.2 Desarrollo de pantallas de visualización .....	170
 <b>CAPÍTULO 5: EVALUACION ECONOMICA</b>	
5.1 Costos de Hardware y Software.....	175
5.1.1. Costos por la automatización del sistema .....	175
5.1.2. Costos de la implementación del sistema Scada .....	176
5.1.3. Costos de la implementación de alimentación eléctrica y protección .....	177
5.1.4. Costos de la implementación del sistema Ethernet.....	177
5.1.5. Costos de la implementación del sistema CCTV .....	178
5.2 Analisis de Costos .....	179
 <b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1. Conclusiones .....	185
6.2. Recomendaciones .....	186
 <b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Accesibilidad a la Unidad Minera Casapalca .....	16
Tabla 02: Matriz de las Variables .....	21
Tabla 03: Letras de Identificación.....	114
Tabla 04: Símbolos de Identificación.....	116
Tabla 05: Interpretación de la Norma NEMA .....	117
Tabla 06: Interpretación de la Norma IP .....	119
Tabla 07: Nuevos parámetros de producción .....	130
Tabla 08: Fórmulas para calcular diagramas de carguío .....	131
Tabla 09: Componentes de fricción .....	131
Tabla 10: Lista de las Nomenclaturas.....	132
Tabla 11: Procedimiento detallado del cálculo de selección .....	133



Tabla 12: Parámetros de cálculo .....	134
Tabla 13: Cálculo de las potencias parciales .....	134
Tabla 14: Cálculo de la potencia vs ciclo de izaje .....	134
Tabla 15: Cálculos de la potencia eléctrica a utilizar .....	134
Tabla 16: Potencia a utilizar siguiendo el diagrama de transporte y extracción .....	135
Tabla 17: Selección del accionamiento de control e instrumentación .....	143
Tabla 18: Direccionamiento de señales entre variadores y PLC .....	154
Tabla 19: Costos por la automatización del sistema .....	175
Tabla 20: Costos de la implementación del sistema Scada .....	176
Tabla 21: Costos de la implementación de alimentación eléctrica y protección .....	177
Tabla 22: Costos de la implementación del sistema Ethernet .....	177
Tabla 23: Costos de la implementación del sistema CCTV y acaparamiento eléctrico ...	178

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 Mapa de ubicación de Compañía Minera Casapalca .....	
Figura 02 Tambora .....	25
Figura 03 Motor .....	26
Figura 04 Sistema de Seguridad .....	27
Figura 05 Palancas de Control .....	28
Figura 06 Cables .....	29
Figura 07 Tipos de cables .....	30
Figura 08 Jaula, baldes o skips .....	31
Figura 09 Poleas .....	32
Figura 10 Estructura de desplazamiento o castillo .....	35
Figura 11 Diseño de sistema de izaje .....	41
Figura 12 Sistema mecánico .....	43
Figura 13 Sistema eléctrico .....	44
Figura 14 Sistema de frenos .....	45
Figura 15 Funcionamiento de un sistema .....	50
Figura 16 Sistema de control genérico .....	51
Figura 17 Lazo cerrado y lazo abierto .....	53
Figura 18 Instrumentos ciegos .....	56
Figura 19 Instrumentos indicadores .....	61
Figura 20 Instrumentos transmisores .....	62
Figura 21 Sensor ultrasónico .....	63
Figura 22 Sensor ultrasónico de reflexión en objetos inmóviles .....	64
Figura 23 Sensor ultrasónico de reflexión en de tipo eco .....	65
Figura 24 Instrumentos Transmisores – Indicadores .....	66



Figura 25 Elemento final de control .....	67
Figura 26 Válvulas de control con confirmaciones eléctricas .....	68
Figura 27 Medidor de flujo electromagnético .....	71
Figura 28 Lily Control .....	73
Figura 29 Sensor de fin de carrera .....	74
Figura 30 Unidad de programación .....	76
Figura 31 Ciclo de ejecución de un PLC.....	77
Figura 32 Tecnología de comunicación industrial.....	79
Figura 33 Controlador PLC.....	86
Figura 34 RSLogix 5000.....	89
Figura 35 Plataformas de programación en RSLOGIX 500 .....	91
Figura 36 Estructura de texto .....	92
Figura 37 Diagrama de Bloques de Función.....	
Figura 38 Editores de diagrama de funciones secuenciales .....	
Figura 39 Panel View Pluss 1500.....	99
Figura 40 Diagrama genérico de un sistema scada.....	102
Figura 41 Diagrama de proceso del sistema de izaje en pique vertical.....	124
Figura 42 Consumos y parámetros actuales del sistema de izaje .....	126
Figura 43 Producción vs paralizaciones antes de la automatización .....	127
Figura 44 Mantenimiento Winche CIR 120X78.....	128
Figura 45 Diagrama de potencia para transporte y extracción en minas y cielo abierto..	132
Figura 46 Simulación de los parámetros eléctrico vs ciclo de izaje.....	135
Figura 47 Variador.....	139
Figura 48 Diagrama de control del sistema .....	145
Figura 49 Sensor transmisor de nivel .....	147
Figura 50 Sensor transmisor de temperatura .....	149
Figura 51 Sensor transmisor de posición .....	150
Figuras 52 Simulación del encoder en el PLC .....	151
Figura 53 Referencia de velocidad .....	152
Figura 54: Diagrama de control del sistema actual.....	164
Figura 55: Diagrama de control propuesto .....	165
Figura 56: Sistema de alarmas actual en el sistema de izaje .....	166
Figura 57: Sistema de control de la supervisión .....	167
Figura 58: Diagrama de bloques del sistema de control .....	168
Figura 59: Estructuramiento de pantallas de visualización .....	169
Figura 60: Desarrollo de pantallas de visualización.....	170
Figura 61: Análisis de costos.....	179



## INTRODUCCIÓN

En un yacimiento minero donde la necesidad de ir a la vanguardia con el crecimiento de calidad y mejora continua de la producción, solo es posible a través de proyectos que integren cada proceso.

El Control y automatización de procesos puntuales o globales son elementos esenciales para facilitar la velocidad de extracción y obtener un producto final de calidad en un menor tiempo.

Es necesario comentar también que, además de poder mejorar el proceso de la planta concentradora como producto final; el punto de partida en minería subterránea es también muy importante ya que se empieza con la apertura de grandes excavaciones como cámaras, piques o pozos, chimeneas verticales o inclinadas, etc.; que se caracterizan por el trazado lineal y las dificultades de perforación.

Este proyecto está enfocado al mejoramiento del ciclo de izaje para la extracción de mineral en su punto de partida a través de los winches y piques y que se ha venido superando en estos últimos tiempos por la introducción de nuevas tecnologías la cual ha facilitado el mejoramiento continuo del ciclo de producción.



## RESUMEN

El presente proyecto, ha sido elaborado cuyo objetivo es Mejorar el desempeño del winche de izaje, automatizando y supervisando el sistema de izaje en todo su proceso con la finalidad de reducir las paradas no programadas y aumentando la producción.

La automatización e Implementación, estará basada en controladores lógico programable, DCS, variadores de velocidad de gran potencia, e instrumentación que permite un mejor control de todas las variables involucrados en el proceso e interfaz de usuario hombre – máquina (HMI). El proyecto de tesis está estructurado básicamente en los sistemas que intervienen para la puesta en operación del winche, desde la parte eléctrica, electrónica y mecánica.

El proyecto se encuentra conformado básicamente en la búsqueda, identificación e interpretación del problema definido en ésta investigación:

- Capítulo I: Marco teórico, constituida por definiciones y conceptos básicos que cumplan nuestras necesidades para lograr un buen entendimiento y comprensión del desarrollo del sistema de control automático y de la instrumentación propuesta.
- Capítulo II: Se da un enfoque de que es un Sistema de Control y Automatización,
- Capítulo III: Desarrolla un estudio de la realidad en la que se encuentra el Winche previa a la automatización.
- Capítulo IV: Envuelve la solución al problema, el cual comprende el diseño e implementación física del sistema en sí.
- Capítulo V: Se tiene evaluación de costos para la implementación.

El proyecto concluye con la demostración de que implementando un sistema automático y scada, se puede mejorar el desempeño de izaje del winche, llegando a incrementar su producción en un 30%.



## **CAPÍTULO INTRODUCTORIO**

### **COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A**

Compañía minera Casapalca S.A. es una organización dedicada a la explotación, exploración y beneficio de minerales polimetálicos de CU, Zn, Pb; ubicada en el corazón de la sierra limeña en la provincia de Huarochirí, a 4200 metros sobre el nivel del mar. Es vecina de los distritos de Chicla, 3 de enero, San Mateo, San Antonio y Pomacocha. Se ubica a la altura del Km. 115 de la Carretera Central.

Compañía minera Casapalca está considerada en la mediana minería, sin embargo cuenta con un equipo trackless más moderno de Sudamérica y actualmente cuenta con dos Piques de izaje con una profundidad de extracción de 1200 metros.

En su afán de crecimiento en el siglo XX cambio integro a su explotación y su exploración a; Compañía minera Londres, Compañía minera Marcapomacocha y la refinería de Ztratek. Convirtiéndose así en la Unidad Americana Casapalca S.A.

El desarrollo de una Empresa Minera depende de la mejora continua de su proceso productivo y ésto se consigue automatizando de manera integral cada etapa de su extracción y planta concentradora.

Actualmente, la Empresa en estudio, no cuenta con un Sistema de control automático para controlar y supervisar sus procesos, lo que ocasiona que perdidas por tiempos muertos para entregar su máxima eficiencia de los equipos de extracción.



### - ACCESIBILIDAD:

El acceso terrestre a la Unidad Minera es a través de la siguiente ruta (ver Tabla 01).

ACCESIBILIDAD A LA UNIDAD MINERA CASAPALCA			
TRAMO	CARRETERA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
Lima (terminal terrestre yerbateros) – Casapalca (Paradero posta medica)	Asfaltada (Carretera central)	115	3.5 horas
Casapalca – Potosí	Afirmada	5	10 min
Potosí – El Carmen	Afirmada	10	20 min
<b>TOTAL</b>		<b>130</b>	<b>4 HORAS</b>

Tabla 01

### Mapa de Ubicación de Compañía Minera Casapalca

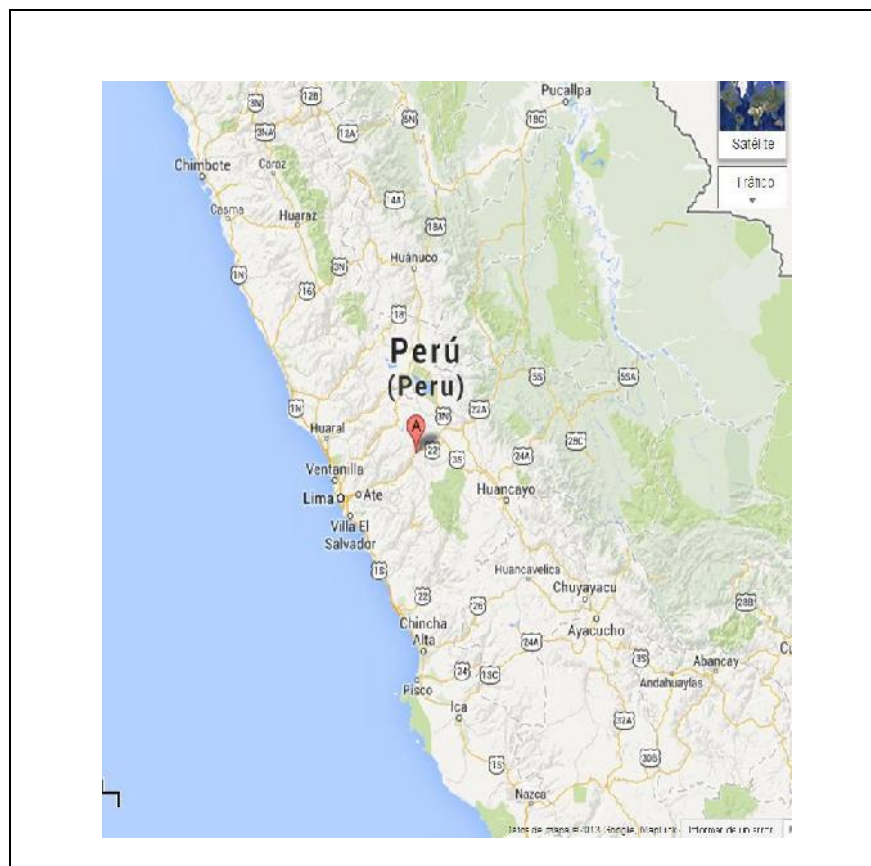


Figura 01





## **1. Título:**

Automatización e implementación de un sistema scada para mejorar el desempeño del sistema de izaje por winches en minería subterránea de la compañía minera Casapalca S.A.

## **2. Personal investigador:**

- Túllume Agapito, Johnny
- Llontop Farroñay, Robert Martin

## **3. Centro de investigación:**

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

## **4. Área de investigación:**

Electrónica – Control y Automatización

## **5. Lugar de investigación:**

COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A, ubicada en la sierra limeña en la provincia de Huarochirí a 4250 m.s.n.m.

## **6. Duración estimada:**

8 meses.

## **7. Planteamiento del Problema**

La empresa minera CASAPALCA S.A. dentro de su plan de expansión, tiene la necesidad de seguir creciendo productivamente, debido a la demanda y necesidad de poder extraer mayor cantidad de materia prima a grandes profundidades en la zona de cuerpos (área mecanizada) denominada así a la zona de mayor concentración de mineral.



La extracción de esta denominada zona de cuerpos previo al proyecto consistía en extraer el mineral a través de maquinaria pesada de bajo perfil como maquinaria de perforación (Jumbos y rompe bancos), maquinaria de carguío (scooptram), maquinaria de transporte (Dumper, Volquetes y Locomotoras), tolvas electrohidráulicas y echaderos. Mantener todo esta maquinaria y personal capacitado en el rubro exigía un millonario gasto sin alcanzar la producción de la meta anual, es por ello que se realizó la construcción de un Winche de izaje para extraer el mineral de forma más eficiente.

El manejo de este Winche necesita de la capacitación de personal, así como de la rotación del mismo, pero el cansancio del operario por el trabajo rutinario permitían fallas en el izaje como:

- Velocidad de izaje variable debido a la experiencia del operador.
- Bajo volumen de recolección de mineral.
- Fallas de operación.
- Mantenimientos correctivos frecuentes por mal funcionamiento.
- Consumo de energía alto.

Por tal razón la empresa CASAPALCA S.A. se ve en la necesidad de buscar alternativas de solución para mejorar el desempeño de este Winche de izaje de mineral.

## **8. Revisión Bibliográfica.**

### **8.1 Antecedentes**

- NELSON RICARDO URRUTIA ACOSTA. (2012), en un trabajo de investigación denominado: “AUTOMATIZACION DEL APILADOR RADIAL DE CALIZA DE LAFARGE CEMENTOS ECUADOR A TRAVEZ DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE”,



en donde se planteó como objetivo general: Optimizar y Modernizar el control de la Apiladora de Caliza en la Planta Industrial "LAFARGE CEMENTOS ECUADOR" mediante la Automatización del Sistema de Control por medio de un Controlador Lógico Programable que garantice el funcionamiento de manera autónoma y eficiente.

- WILSON JORGE, VALVERDE CHANCAFE (2013), en un trabajo de investigación denominado: "DISEÑO Y SIMULACION DE UN SISTEMA SCADA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE PILADO DE ARROZ EN LA INDUSTRIA MOLINERA SAN LUIS COMOLSA", en donde se planteó como objetivo general: Diseñar y Simular un Sistema Scada para optimizar el proceso de pilado de arroz.
- JORGE GABRIEL, BONILLA RODRIGUEZ; EDINSON XAVIER, CORDERO LOOR (2010), en un trabajo de investigación denominado: "DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL APLICADO AL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN DE UNA PLANTA DE ELABORACIÓN DE CERVEZA.", en donde se planteó como objetivo general: Diseñar y analizar un sistema de instrumentación y automatización industrial aplicado al proceso de pasteurización de una planta de elaboración de cerveza.

## 9. Formato del Problema Científico

¿Cómo se puede mejorar el desempeño de un winche de izaje para disminuir las paradas no programadas y aumentar el tonelaje de mineral a izar?



## **10. Objetivos**

### **10.1. Objetivo General**

Mejorar el desempeño del winche de izaje de la empresa minera CASAPALCA S.A, automatizando y supervisando el sistema de izaje en todo su proceso con la finalidad de reducir las paradas no programadas y aumentando la producción.

### **10.2. Objetivos Específicos:**

- Disminuir el número de paradas no programadas.
- Aumentar el tonelaje de izaje de mineral a superficie.
- Seleccionar los instrumentos para registrar las variables.
- Determinar la estrategia de control.
- Seleccionar el software SCADA para supervisar el proceso.
- Estudiar los winches de izaje existentes en el PERU, beneficios, problemática, confiabilidad, etc.

## **11. Justificación e Importancia de la Investigación**

El proyecto de investigación se hace necesario porque existe actualmente una saturación de la maquinaria pesada que traen consigo deficiencia en la extracción del mineral así como también una vida útil del mismo invirtiendo millonarias cantidades de dinero para obtener una baja producción. Con este proyecto se pretende revertir la problemática actual e invertir a futuro ya que el winche de izaje tendrá que tener la capacidad de izar a grandes profundidades.

El presente estudio está enfocado a lograr la mayor extracción de mineral, disminuir los tiempos de parada, programar los mantenimientos preventivos y supervisar los parámetros del winche así como la producción en tiempo real, a través de la implementación de un sistema SCADA.



## 12. Hipótesis

La automatización y supervisión del winche de izaje aumentará el volumen de izaje de mineral y permitirá conocer el estado del winche en tiempo real, así como el volumen de producción.

## 13. Variables

### 13.1. Variable Independiente

Automatización y supervisión.

### 13.2. Variable Dependiente

Mejora del desempeño del winche de Izaje.

### Matriz de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE:	DEFINICIÓN	OPERACIONALIZACIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO
Automatización y Supervisión.	Dotar autonomía a un proceso productivo.	Realizar acciones en forma automática y obtener los valores del proceso en forma inmediata.	<ul style="list-style-type: none"><li>– Numero de instrumentos y equipos de control.</li><li>– Numero de variables a supervisar.</li><li>– Lazos de control.</li></ul>	Plano de Instrumentación P&ID
VARIABLE DEPENDIENTE:	DEFINICIÓN	OPERACIONALIZACIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO
Mejora del desempeño del winche de Izaje	Aumento del rendimiento de producción.	Aumento del volumen de izaje de mineral y disminución de paradas.	<ul style="list-style-type: none"><li>– Volumen de producción diaria.</li><li>– Número de paradas no programadas.</li><li>– Consumo de energía mensual.</li></ul>	Reporte de producción. Reporte de mantenimiento mensual. Consolidado de consumo de energía mensual.

Tabla 02



#### **14. Tipo de investigación**

Investigación Tecnológica

#### **15. Diseño y Contrastación de Hipótesis**

Diseño experimental

#### **16. Población y muestra**

##### **16.1. Población**

Producción mensual y reporte mensual de paradas no programadas.

##### **16.2. Muestra**

Producción mensual y reporte mensual de paradas no programadas de 3 meses.



## **Capítulo 1:**

# **MARCO TEÓRICO**



## **1.1 Winche de Izaje.**

El Winche de izaje, es una maquinaria utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga; el Winche de izaje, es utilizado también para bajar e izar personal del interior de la mina; siempre que cumpla con exigencias mínimas de seguridad.

En otras palabras el sistema de izaje a través de los Piques de una mina, tiene semejanza a los ascensores de los edificios; en las minas importantes del Perú, se utiliza el Winche como maquinaria principal de transporte vertical (para el arrastre de mineral, se utilizan los winches de rastrillaje).

Equipos similares de izaje son los elevadores eléctricos de aire o hidráulicos, grúas móviles, puentes-grúa y tecles.

### **1.1.1. Tipos de Winche de Izaje.**

1. Winches de Tambora.
2. Winches de fricción.

Los Pequeños Productores Mineros y Mineros Artesanales, utilizan winches de izaje de tamboras, por ser maquinarias que se adaptan a su infraestructura y requerimientos de izaje.

Ejemplos resaltantes de winches de izaje de fricción tenemos en las minas de Casapalca (Yauliyacu – Glencord) y Cerro de Pasco (Paragsha – Volcán Cía. Minera).

### **1.1.2. Componentes de un Winche de Izaje.**

Dependiendo de las dimensiones y necesidades, un Winche de izaje tiene los siguientes componentes:

- Tambora (una o dos).
- Motor.



- Sistema de seguridad: Lilly control, frenos, etc.
- Palancas de control.
- Cables.
- Jaula, baldes o skips.
- Poleas.
- Estructura de desplazamiento o castillo.

#### 1.1.2.1. Tambora.

Son cilindros metálicos donde se enrolla el cable. Podríamos hablar del enrollado activo que es el cable que verdaderamente trabaja y el enrollado de reserva para los cortes reglamentarios que dispone la ley de seguridad y para reducir el esfuerzo ejercido por el cable, a la unión con el tambor. La fotografía muestra Tamboras del Winche de Uchucchacua Buenaventura.



*Figura 02*

#### 1.1.2.2. Motor.

Es el propulsor de la acción mecánica, es el que realiza el trabajo de izaje.

Las características del motor se eligen de acuerdo al requerimiento y la capacidad de la carga que se quiere izar y a las dimensiones y modelo del pique.



*Figura 03*

#### 1.1.2.3. Sistema de seguridad.

Es el dispositivo encargado de regular la velocidad, este actúa en caso de una súbita aceleración o desaceleración de la velocidad, ocasionado por una posible falla mecánica, el Lilly control, acciona el dispositivo de emergencia del sistema de izaje.



*Figura 04*

#### **1.1.2.4. Palancas de control.**

Son los dispositivos de control y manejo del Winche.

Estos deben ser manipulados sólo por el operador o maquinista autorizado.





Figura 05

#### 1.1.2.5. Cables.

Dependiendo del tipo de izaje en los winches; ya sea por fricción o enrollamiento; los cables de izaje pueden ser fabricados de aluminio o de alambre de acero; los mismos que, son colocados ordenadamente para desempeñar el trabajo de izar los skip o las jaulas.

Para formar cables, se arrolla un gran número de hilos de aluminio o acero de alta resistencia (entre 130 y 180 kg/mm<sup>2</sup>). Estos hilos se disponen en cordones y torones, según sea el caso.



*Figura 06*

#### 1.1.2.5.1. Tipos de Cables.

De acuerdo a su torcido pueden ser:

- a. Regular;
- b. Tipo Lang.

a. **Regular:** Los alambres del torón, están torcidos en dirección opuesta a la dirección de los torones del cable.

b. **Tipo Lang:** Los torones en un cable tipo Lang, están torcidos en la misma dirección (lang derecho o lang izquierdo).

Los cables con torcido lang son ligeramente más flexibles y muy resistentes a la abrasión y fatiga, pero tiene el inconveniente de tener tendencia a destorcerse por lo que únicamente deberán utilizarse en aquellas aplicaciones en que ambos extremos del cable están fijos y no le permitan girar sobre sí mismo.



*Figura 07*

#### **1.1.2.6. Jaula, Baldes o skips.**

Es uno de los componentes esenciales del sistema de izaje; las jaulas, baldes y skips, cumplen la función de transportar en su interior al personal y/o mineral según los requerimientos de producción, respetando las condiciones establecidas en el reglamento de seguridad minera.



*Figura 08*

#### **1.1.2.7. Poleas.**

Es una rueda acanalada que gira alrededor de un eje central por el que pasa el cable en cuyos extremos se encuentra la jaula o skip (resistencia) y en la otra el winche o tambora (potencia).

Las poleas se pueden construir de 3 formas:

1. Por fundición;
2. Por acero moldeado;
3. Por construcción soldada.





*Figura 09*

#### **1.1.2.8. Estructura de desplazamiento o castillo.**

Es la cúspide de la estructura del pique donde se encuentra la polea que dirige el movimiento del cable.

Es una estructura vertical que se levanta por encima del collar del pique.

De la cúspide de la torre o del castillo baja una estructura inclinada que sirve de sostén a toda la torre y contrarresta la tensión de los cables.

La torre vertical y la estructura inclinada son las partes fundamentales del castillo y soportan en su cima la caseta de las poleas. La estructura del castillo puede ser de madera





o de acero y se debe construir respetando los reglamentos de seguridad existentes.

Hay una escalera de servicio que sube a lo largo del pique. Junto al pique hay una tolva donde se descarga el mineral para luego transportarse a la planta concentradora.







*Figura 10*



## **1.2. PIQUES.**

### **1.2.1. Definición de Pique.**

Los piques son labores verticales que sirven de comunicación entre la mina subterránea y la superficie exterior con la finalidad de subir o bajar al personal, material, equipos, desmonte y el mineral.

### **1.2.2. Factores para su construcción.**

- Necesidades de extracción de mineral.
- Reducción de los costos de producción.
- Profundización de los niveles de extracción.

### **1.2.3. Consideraciones de diseño.**

- Análisis de costos en relación a otros piques.
- El área debe ser favorable y suficientemente grande para las instalaciones de superficie.
- La naturaleza del suelo debe ser adecuada para las cimentaciones, realizando para ello estudios de geotecnia conducentes a la clasificación del macizo en el área destinada para el diseño del pique.
- La mina, debe tener buenas vías de acceso y espacio libre para favorecer el trabajo.

### **1.2.4. Estructura de un Pique.**

La estructura de un Pique, puede ser de madera o de acero. En otros casos, si se contara con un nivel inferior, la construcción del



pique se puede practicar con un equipo raise borer, para el cual se perfora primero el hueco piloto y luego del nivel inferior se empieza a rimar (ensanchar) con una broca de mayor diámetro y finalmente se completa a la sección diseñada.

En todos los casos el terreno debe ser competente y debe ser una zona donde no exista agua de filtración.

#### **1.2.5. Formas de la sección transversal de un Pique.**

Los piques de mina, por lo general son de forma rectangular y circular, son menos frecuentes y muy raramente los de sección elíptica o curvilínea.

Para elegir la forma de la sección transversal, es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- La calidad del macizo rocoso.
- El tiempo de servicio y el destino final del pozo.
- El material de fortificación a ser utilizado.

#### **1.2.6. Sección rectangular.**

Es la forma más empleada; sin embargo, ofrece las siguientes desventajas:

- Dificultad en la formación de ángulos rectos, particularmente en rocas duras.
- Posibilidad de una deformación significativa de la fortificación en caso de rocas débiles e inestables.
- Mala distribución de esfuerzos alrededor de la excavación.



### **1.2.7. Sección Circular.**

La sección circular garantiza una mayor estabilidad, debido a que la fortificación va a resistir mejor la presión causada por la roca circundante; ya que ésta, se distribuye más uniformemente.

Además, los piques de sección circular poseen un menor coeficiente de resistencia aerodinámica.

### **1.2.8. Determinación de dimensiones de la sección transversal de un Pique.**

- Las dimensiones de la sección de los piques se pueden determinar a partir de la ubicación de los compartimientos, teniendo en cuenta los espacios a dejar entre dichos compartimientos y entre la fortificación.
- Dependen de la capacidad de la carga y de la profundización de los trabajos de extracción.
- Es factor importante, la Productividad de la mina.

### **1.2.9. Sistema de arranque del Winche de Izaje.**

#### **1.2.9.1. Definición.**

En la actualidad existen diferentes tipos de diseños y control para winches de izaje con arranques convencionales las cuales son poco eficientes debido a que son pocas las empresas conocedoras de este proceso e implementación en el Perú y el extranjero la cual lo hace un costo elevado ejecutarlo.

Los sistemas que intervienen en el sistema de izaje, tienen que tener una adecuada selección de parámetros



los cuales son fundamentales para evitar complicaciones futuras.

Se deben de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

#### **A.- PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN:**

- Parámetros iniciales como horas efectivas, tonelaje a izar, días laborables, producción de mineral y desmonte, etc.
- Ciclo de Izaje.
- El tonelaje y profundidad a izar, tanto en mineral como personal

#### **B.- SISTEMA MECANICO:**

- Rope Pull.

#### **C.- SISTEMA ELÉCTRICO:**

- Potencia HP vs ciclo de izaje.
- Potencias parciales y RMS en función a la altitud.

#### **D.- SISTEMA CCTV.**

#### **E.- SISTEMA DE CARGUIO.**

#### **F.- SISTEMA DE CONTROL.**



## **A.- PARAMETROS DE PRODUCCION:**

Los parámetros de producción es un punto de suma importancia para la selección de las potencias de todos los sistemas que intervienen en el izaje y es aquí donde se seleccionan las capacidades de izaje, tiempos operativos, horas de trabajo, ciclo de izaje para un buen desempeño de la wincha en función a la producción diaria.[1]





“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR  
EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA  
DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”



**DISEÑO DE SISTEMA DE IZAJE**  
**CIA MINERA CASAPALCA S.A.**  
**WINCHE CIR 120" x 78"**  
**PIQUE : 650**  
**RESULTADOS PREVIOS**

10.30	Tn/skip	1,408	HP POTENCIA
		1,050	KW POTENCIA
		525	KW / Motor

Rope Pull  
43,483

ELABORADO POR: CARLOS GUBBINS COX

PARAMETROS INICIALES:	CANTIDAD	UNIDAD	OBSERVACIONES
Mineral	5535	Tn/día	
Desmonte	0	Tn/día	
Total	5,535	Tn/día	Mineral + Desmonte
Días laborables	29	días/mes.	Definido por el cliente
Horas netas de operación / turno	8.40	hrs / turno	Estimado por el cliente
Turnos / día	2.00		
Hrs. de operación neta/día	16.80	hrs./día	(# Hr. De Op./turno)x(# turnos/día)
Factor de utilización del winche.	70%		Definido por el cliente
Toneladas/Hr.	329.46	Tn/hr.	(# Tn/día)x(# horas/día)
Producción de mineral	160515.00	Tn/mes	(# Tn/día)x(# días/mes)
Producción de Desmonte	0.00	Tn/mes	(# Tn/día)x(# días/mes)
Producción total	160,515.00	Tn/mes	
	1,858,764		

CALCULO DEL CICLO DE IZAJE	CANTIDAD	UNID.	CANTIDAD	UNID.	OBS.
D : Prof. max. de izaje	1876.64	ft.	572.00	m.	
V : Vel. media de izaje	22.83	ft/sec.	6.96	mt/seg	S/Reduc
A : Aceleracion	2.20	ft/sec2.			
D : Desaceleracion	2.20	ft/sec2.			
RT : Tiempo de reposo	20.00	sec.			

1370 ft/min

**CICLO DE IZAJE**

PERIODO	TIEMPO(seg)	Desplazamiento (Ft)
Aceleracion	10.38	118.5
Vel. constante	71.81	1,639.7
Desaceleracion	10.38	118.5
Tiempo reposo	20.0	0.0
<b>TOTAL</b>	<b>113</b>	<b>1,876.6</b>

[1] Ver hoja de anexos con los cálculos correspondientes al ciclo de izaje.

Figura 11



## B.- SISTEMA MECANICO:

Para la implementación del sistema mecánico será fabricado en el extranjero teniendo como socios estratégicos las empresa **G.L TILEY & ASSOCIATES LTD** y la empresa **HEPBURN ENGINEERING INC**, ambas de procedencia canadiense.

En el proceso de selección para el cálculo respectivo de la potencia mecánica se tiene que tener en cuenta el ROPE PULL de sistema de izaje, el cual contempla:

- Carga útil a izar, con factor de esponjamiento, humedad y carguío.
- Peso del Skips o balde, contempla pesos de fabricación en función al material utilizado, contemplando reforzamientos de impacto entre el material y el sistema.
- Peso total del cable suspendido, contempla la distancia total del cable multiplicado por su peso de fabricación en libras/metro.
- Fricciones, contempla factores de rozamiento entre el Skips, guidores y ruedas guía.
- Factor de seguridad.

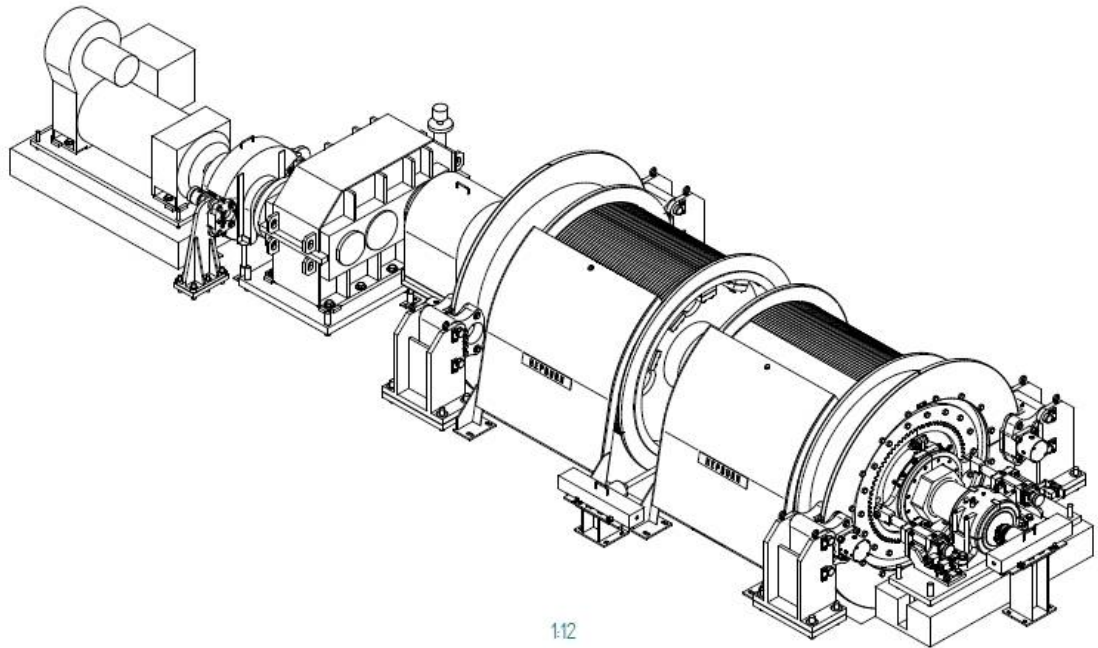


Figura 12

[1] Ver hoja de anexos con números de parte de los principales componentes mecánicos.

### C.- SISTEMA ELECTRICO:

Al ser un sistema de izaje por winche que estará ubicado en interior mina, aprovechando la infraestructura del cerro; será necesario la construcción de ambientes adecuados y una de ellas son las Sub estaciones eléctricas ubicadas en puntos estratégicos y equipados con:

Transformadores, celdas, tableros de distribución y energía, etc.

Para nuestro diseño y en función a los cálculos realizados se contempló una potencia eléctrica tal como sigue:

- SS.EE 01: 7 MVA / 50 KV – 12 KV
- SS.EE 02: 7 MVA / 12KV – 4.160 KV
- SS.EE 03: 5 MVA / 4160V – 690V – 460V – 230V



Figura 13

## D.- SISTEMA DE FRENOS:

Para seleccionar el sistema de frenos, se contempla la fuerza necesaria para frenar el sistema en toda su capacidad considerando 5 veces el rope pull.

Para nuestro sistema se contempló un sistema electro neumático para frenar 02 tambores y 02 frenos de motor tipo caliper.

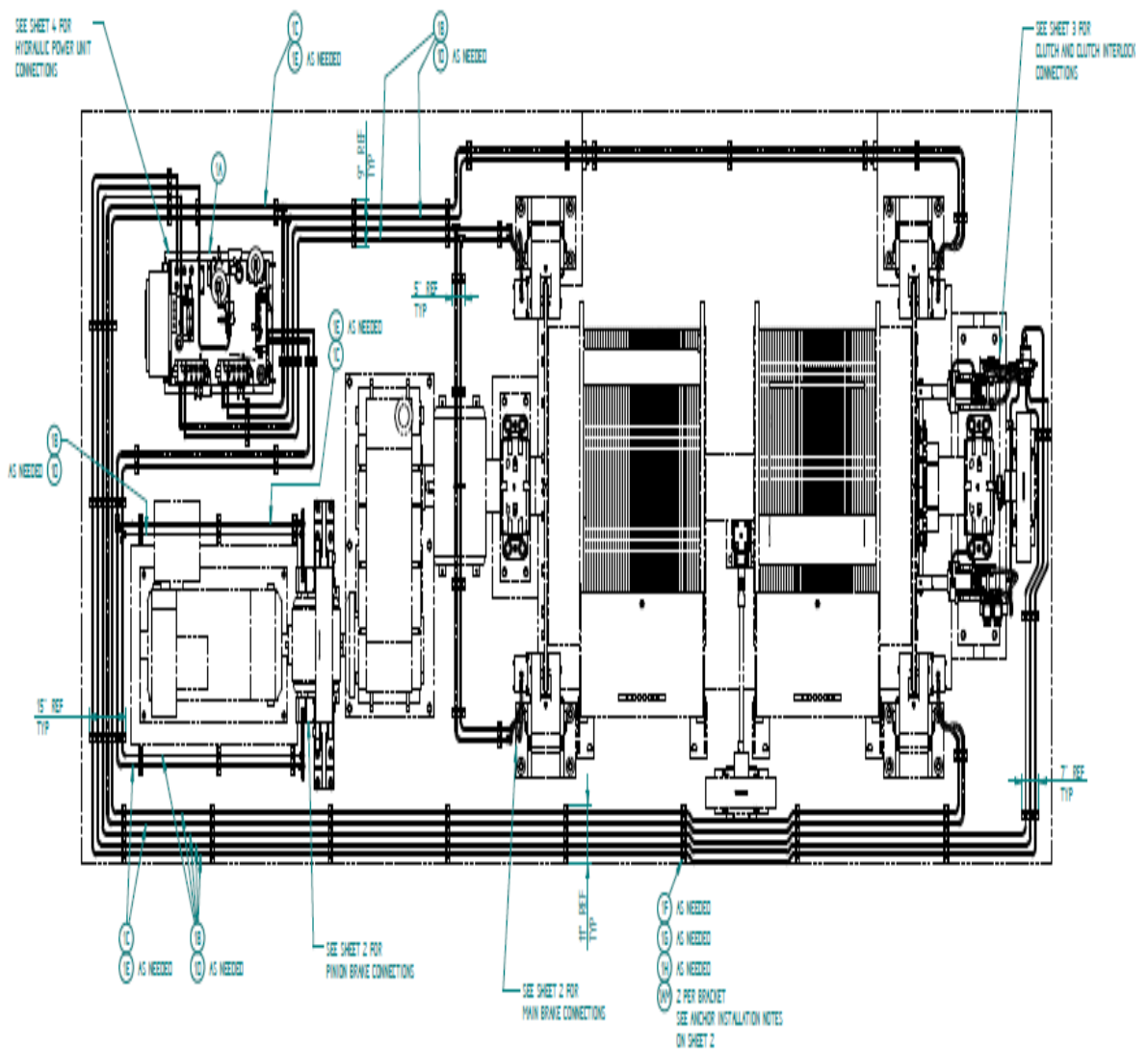


Figura 14

[1] Ver hoja de anexos con diagrama electro neumático de control de frenos.



### **E.- SISTEMA CCTV:**

El sistema de circuito cerrado de televisión, permite al operador del sistema de izaje, monitorear su equipo en los niveles principales, así como las zonas de carguío y de descarga.

Este sistema está instalado en todo el pique, así como sus sistemas de alimentación de mineral (chancadora, rompe bancos entre otros).



## **Capítulo 2**

# **CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**



## 2.1. SISTEMA DE CONTROL

### 2.1.1. Introducción al Control

Los sistemas de control pueden ser muy amplios, desde un simple interruptor que gobierna una lámpara, hasta un sistema que maneje toda una línea de producción dentro de una planta. Asimismo, un sistema de control puede ser manual o automático, de lazo abierto o de lazo cerrado.

La automatización industrial ha evolucionado a la par con el desarrollo de los sistemas mecánicos, electrónicos e informáticos. En sus inicios, para automatizar un proceso se utilizaban palancas mecánicas, engranajes, relés y pequeños motores. Posteriormente, con el desarrollo de la electrónica, ya se usaban transistores y señales eléctricas de bajo voltaje. Luego, con la aparición de los circuitos integrados y en especial del microprocesador, los automatismos revolucionaron la industria de una forma sorprendente, ya que efectuaban el proceso de muchas señales simultáneas y entregaban una respuesta muy rápida para ese entonces.

Las computadoras también empezaron a formar parte en el control automático de procesos, pero debido a que su sistema de entradas y salidas era limitado para estas labores, surgieron controladores especializados y programables con las herramientas necesarias para controlar líneas de producción completas. Así entonces aparece el PLC (Controlador Lógico Programable), un dispositivo programable que puede ajustarse a las necesidades de determinado proceso que se quiera automatizar, brindando economía, robustez, confiabilidad y flexibilidad en los diseños para los cuales ha sido elegido.

Aunque los PLC's y otros dispositivos de control programables cumplían con las tareas para las que fueron diseñados, se hizo necesaria la integración de los sistemas de control con los sistemas de adquisición y





procesamiento de datos. Prácticamente era la unión entre las labores de control de dispositivos como el PLC y las labores de procesamiento de datos de una computadora. Las computadoras industriales suelen tener ambas funciones incorporadas. Sin embargo, es muy común encontrar equipos independientes comunicados en forma permanente para vigilar, controlar y suministrar la mayor información posible del proceso automático.

Por tal razón los PLC's siguen dedicados específicamente al control de procesos, pero vienen dotados de sistemas de comunicaciones que los acopla de una manera óptima a las redes de computadoras, permitiendo así las funciones de integración.

### **2.1.2 ¿Qué es un control?**

El control puede ser definido como el manejo indirecto de variables de un sistema

### **2.1.3 Sistema de Control**

Un sistema de Control puede definirse conceptualmente como un ente que recibe acciones externas o variables de entrada, y cuya respuesta a estas acciones externas son las denominadas variables de salida.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variables de control, que se pueden manipular, y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control.

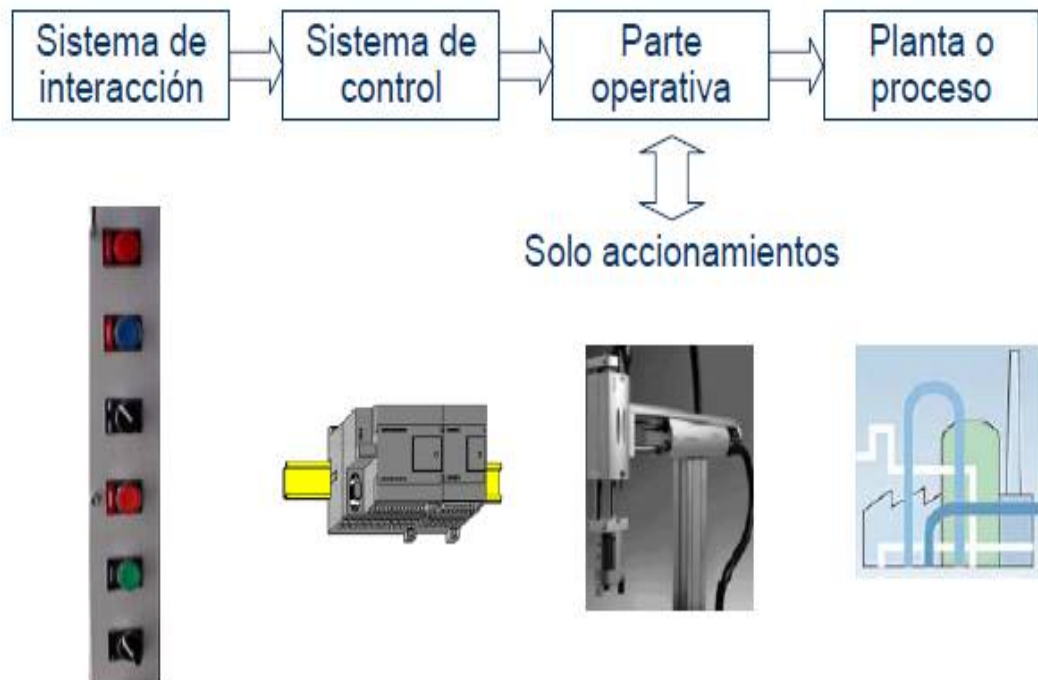


Figura N° 15 Funcionamiento de un sistema

La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.

- Ser fácilmente implementable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- ✓ Sensores: Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- ✓ Controlador: Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- ✓ Actuador: Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.[2]

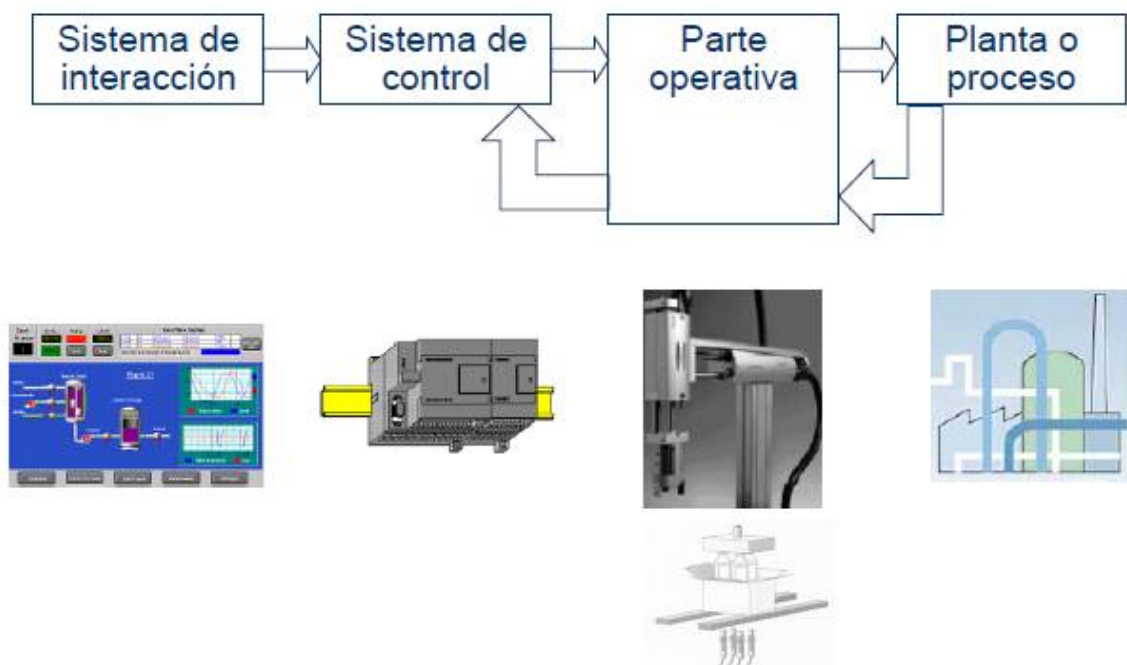


Figura N° 16 Sistema de control genérico.



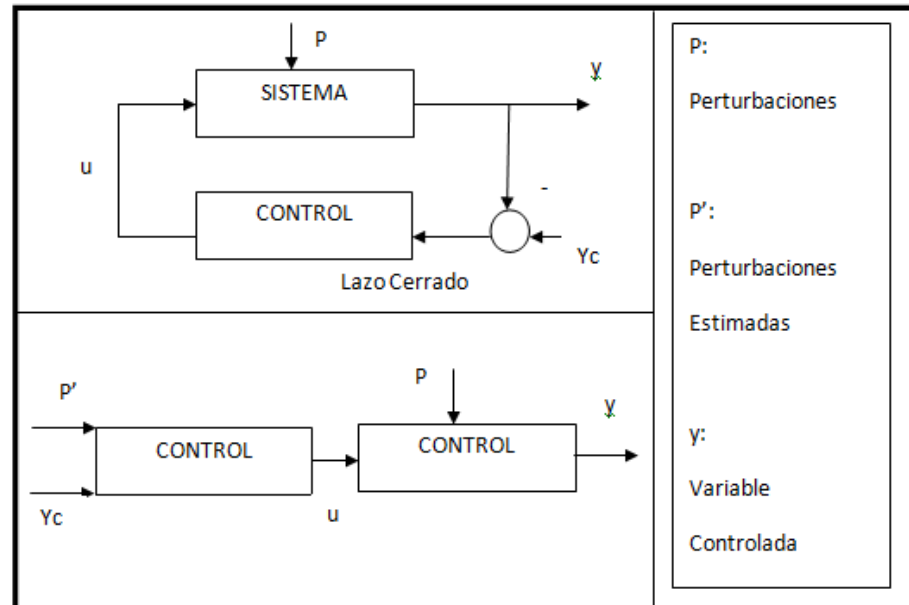
#### 2.1.4 Estrategia de Control

La estrategia de control hace referencia a la naturaleza y la dirección de los lazos existentes entre las variables medidas y/o controladas y las variables de control.

Se distinguen dos tipos de estrategias en función de la naturaleza de la información utilizada para calcular la acción de control del sistema, lazo abierto y lazo cerrado. [1]

- Lazo abierto: La acción de control se calcula conociendo la dinámica del sistema, las consignas y estimando las perturbaciones. Esta estrategia de control puede compensar los retrasos inherentes del sistema anticipándose a las necesidades del usuario. Sin embargo, el lazo abierto generalmente es insuficiente, debido a los errores del modelo y a los errores en la estimación de las perturbaciones. Por ello, es común la asociación de lazo cerrado-lazo abierto, de modo que el lazo cerrado permite compensar los errores generados por el lazo abierto.
  
- Lazo cerrado: La acción de control se calcula en función del error medido entre la variable controlada y la consigna deseada. Las perturbaciones, aunque sean desconocidas son consideradas indirectamente mediante sus efectos sobre las variables de salida.

Este tipo de estrategia de control puede aplicarse sea cual sea la variable controlada. La gran mayoría de los sistemas de control que se desarrollan en la actualidad son en lazo cerrado. [1]



**Figura N° 17** Lazo cerrado y Lazo abierto.

### 2.1.5 Tipos de Control

- Control todo o nada
- Control proporcional
- Acción Integral (reset)
- Acción Derivativa

#### 2.1.5.1. Control Todo o Nada

Características:

- ✓ Control ON – OFF o Control de 2 posiciones
- ✓ El actuador tiene 2 posiciones fijas
- ✓ Comúnmente se emplea una banda diferencial o zona muerta
- ✓ El actuador permanece en su última posición dentro de la banda diferencial
- ✓ El Control Todo Nada es simple y económico



- ✓ Presenta un correcto desempeño si el proceso tiene una velocidad de reacción lenta

## 2.2 Definiciones en Control:

### 2.2.1 Campo de medida (Rango)

Conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida o de transmisión del instrumento; viene expresado estableciendo los dos valores extremos.

### 2.2.2 Alcance (Span)

Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento.

### 2.2.3 Error

Es la diferencia algebraica entre el valor leído o transmitido por el instrumento y el valor real de la variable de medida. Si el proceso está en condiciones de régimen permanente existe el llamado error estático.

En condiciones dinámicas el error varía considerablemente debido a que los instrumentos tienen características comunes a los sistemas físicos; absorben energía del proceso y esta transferencia requiere cierto tiempo para ser transmitida, lo cual da lugar a retardos en la lectura del aparato.

Siempre que las condiciones sean dinámicas, existirá en mayor o menor grado el llamado error dinámico (diferencia entre el valor instantáneo de la variable y el indicado por el instrumento); su valor depende del tipo de fluido del proceso, de su velocidad, del elemento primario, de los medios de protección, etc. [1]





#### **2.2.4 Exactitud**

Es la cualidad de un instrumento de medida por el que tiende a dar lecturas próximas al verdadero valor de la magnitud medida. [3]

#### **2.2.5 Precisión**

Es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento (intervalo donde es admisible que se sitúe la magnitud de la medida), y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio durante un periodo de tiempo determinado. [1]

#### **2.2.6 Zona Muerta**

Es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce su respuesta. Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida. [3]

#### **2.2.7 Repetibilidad**

Es la capacidad de reproducción de la señal de salida del instrumento al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo.

Para determinarla, el fabricante comprueba la diferencia entre el valor verdadero de la variable y la indicación o señal de salida del instrumento recorriendo todo el campo, y partiendo desde el valor mínimo del campo de medida.

### **2.3 Instrumentación Industrial**

#### **2.3.1 Generalidades**

Los instrumentos de medición y control son ampliamente utilizados en la industria. En líneas generales, el porcentaje económico que ocupan

en la inversión de una planta de proceso varía desde un 5% en plantas de poca instrumentación hasta un 10-15% máximo en plantas automatizadas.

De aquí que sea importante el que los instrumentos, en todas sus versiones (transmisores, registradores, controladores, válvulas de control), estén continuamente en perfecto estado de funcionamiento, a fin de evitar paros parciales o totales en la planta o de reducir al máximo el coste del mantenimiento.

En los instrumentos industriales es absolutamente necesario controlar algunas magnitudes tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, etc.

## **2.3.2 Clases de Instrumentos**

### **2.3.2.2 En Función del Instrumento:**

Según la función del Instrumento podemos clasificarlos en los siguientes:

#### **2.3.2.1.1. Instrumentos ciegos:**

No tienen indicación visible de la variable, para el desarrollo del proyecto utilizamos sensores de temperaturas (termocuplas tipo PT100) y convertidores de temperatura en la marca MARCA PHOENIX CONTACT



**Figura N° 18** Instrumentos Ciegos



**Termocuplas Tipo Pt100:** Sensores que estarán instalados en todas las chumaceras de la wincha con la finalidad de detectar recalentamiento del aceite hidráulico.

#### **A.- PT100**

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo) Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina) , en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °)

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso. Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño

grave. Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros ) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

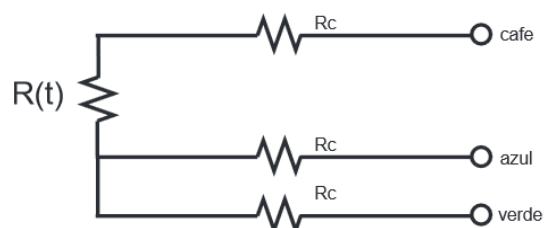
Existen 3 modos de conexión para las Pt100, cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto. El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica  $R(t)$  del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables  $R_c$ .

- El modo más sencillo de conexión (pero menos recomendado ) es con solo dos cables. En este caso las resistencias de los cables  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable. Se medirá el total  $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$  en vez de  $R(t)$ .



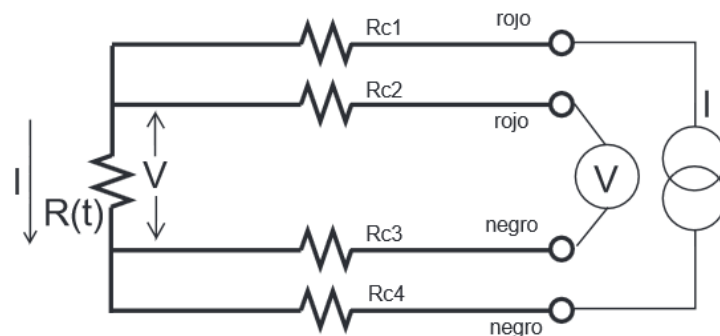
Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de  $R_{c1}$  y  $R_{c2}$  y así disminuir el error en la lectura.

- El modo de conexión de 3 hilos es el más común y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.



El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el “puente de Wheatstone”. Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión. En el caso particular de los instrumentos ARIAN, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide  $2R_c$ . Luego mide la resistencia por los cables café y azul para finalmente restarle  $2R_c$  al valor medido y obtener  $R(t)$

- El método de 4 hilos es el más preciso de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.



Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente  $I$  conocida a través de  $R(t)$  provocando una diferencia de potencial  $V$  en los extremos de  $R(t)$ . Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables  $R_{c2}$  y  $R_{c3}$  será cero ( $Dv=I_c \cdot R_c=0 \cdot R_c=0$ ) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje  $V$  en los extremos del elemento  $R(t)$ . Finalmente el instrumento obtiene  $R(t)$  al dividir  $V$  medido entre la corriente  $I$  conocida



Finalmente se deben tener ciertas precauciones de limpieza y protección en la instalación de los Pt100 para prevenir errores por fugas de corriente. Es frecuente que cables en ambientes muy húmedos se deterioren y se produzca un paso de corriente entre ellos a través de humedad condensada. Aunque mínima, esta corriente “fugada” hará aparecer en el lector una temperatura menor que la real. Estas fugas también pueden ocurrir en óxido, humedad ó polvo que cubre los terminales. Por la descripción hecha de los métodos de medición, queda claro que a diferencia de las termocuplas, no es posible conectar 2 unidades lectoras a un mismo Pt100 pues cada una suministra su corriente de excitación. En el momento de comprar un Pt100 se debe tener presente que existen distintas calidades y precios para el elemento sensor que va el extremo del Pt100. Los de mejor calidad están hechos con un verdadero alambre de platino, en tanto que existen algunos sensores económicos hechos en base a una pintura conductora sobre un substrato de alúmina (cerámica) Estos últimos son menos precisos. En general no se debe montar un Pt100 en lugares sometidos a mucha vibración pues es probable que se fracture

#### **Conversores de temperatura Phoenix Contact:**

Instalados en el gabinete de control para convertir las señales de temperatura a señales análogas sin pérdidas ni alteraciones

**2.3.2.1.2. Instrumentos indicadores:** Son aquellos que tienen un indicador ya sea este analógico o digital, para el desarrollo del proyecto utilizaremos medidores de energía Power Monitor 3000 y 500 en la marca Rockwell Automación e indicadores de presión (presostatos).





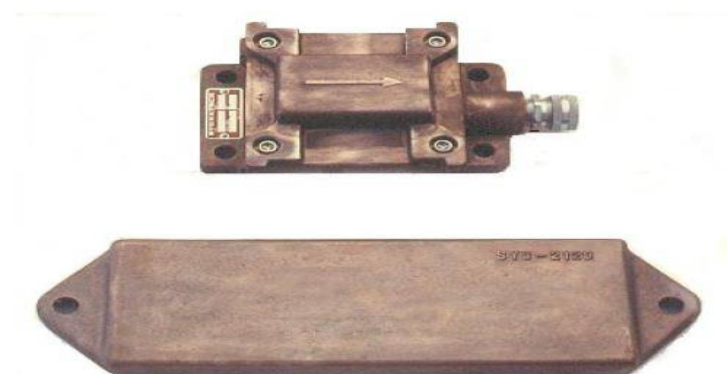
Figura N° 19 Instrumentos indicadores

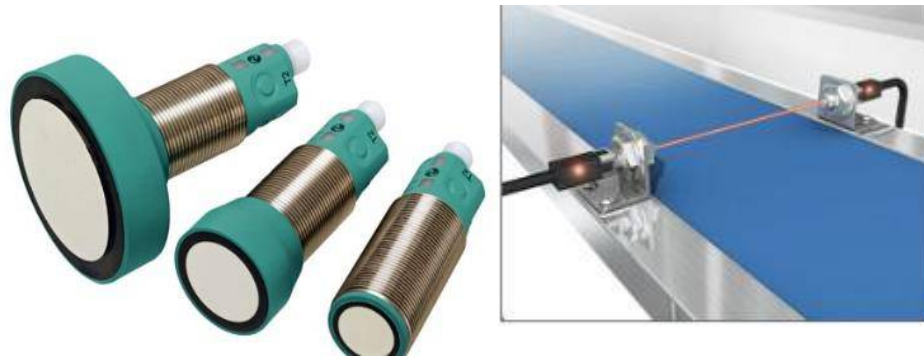
**Medidores de energía:** Serán instalados en las principales SS.EE en baja y media tensión (4160 VAC/ 690 VAC/480VAC y 220 VAC) enlazados al sistema los controladores, HMI y sistema scada.

**Indicadores de Presión:** Serán instalados en la sala compresoras para monitorear la presión principal y presiones de los sistemas de frenos.

#### 2.3.2.1.3. Instrumentos Transmisores:

Son todos aquellos que transmiten valores de la variable medida, a cierta distancia en forma de señal neumática o electrónica, para el desarrollo del proyecto utilizaremos sensores infrarrojos, ultrasónicos, magnéticos e inductivos.





**Figura N° 20** Instrumentos Transmisores [1]

[1] Ver hoja de anexos con hojas de cotizaciones y especificaciones

**Sensores ultrasónicos / Sensores Infrarrojos:** Sensores que estarán instalados en el Pique en redundancia para controlar la velocidad de izaje y limitar el ascenso del skip-jaula.

**Termocuplas Magnéticos:** Sensores que estarán instalados como Trasmisor en los Skips y Receptor en el pique para controlar los limitadores de ascenso y descenso.

#### **A.- Sensor Ultrasónico.**

Sensores basados en la interacción de los ultrasonidos con un objeto. Se denomina ultrasonidos a las vibraciones de frecuencia superior a las audibles por el ser humano ( $>20$  KHz) que se producen en un medio elástico.

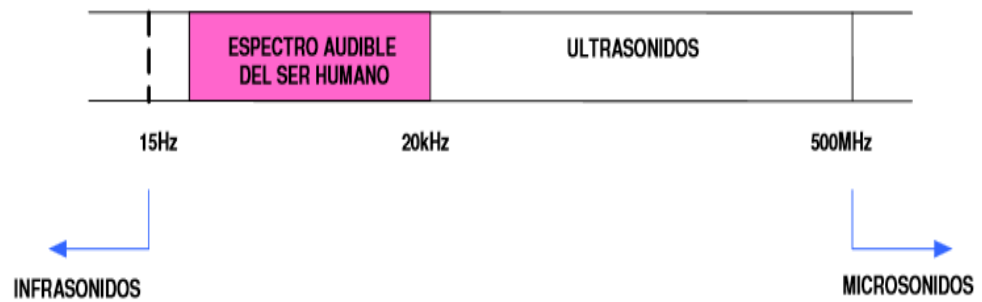


Figura N° 21

Las medidas de diferentes variables físicas mediante los ultrasonidos están relacionadas normalmente con su velocidad, su tiempo de propagación y, en algunos casos, con la atenuación o interrupción del haz propagado

## A.1 Tipos de sensores Ultrasónico.

### A.1.1 Sensor ultrasónico de reflexión en objetos inmóviles o de tipo eco.

Se mide el tiempo que tarda en recibirse el eco de un impulso emitido, debido a la reflexión sobre un objeto presente en el camino de propagación de la radiación. El objeto puede ser un líquido, un sólido, granular o polvo, con la única restricción de que debe tener una impedancia acústica muy diferente de la del medio en el que se propagan los ultrasonidos, para que la mayor parte de la radiación se refleje

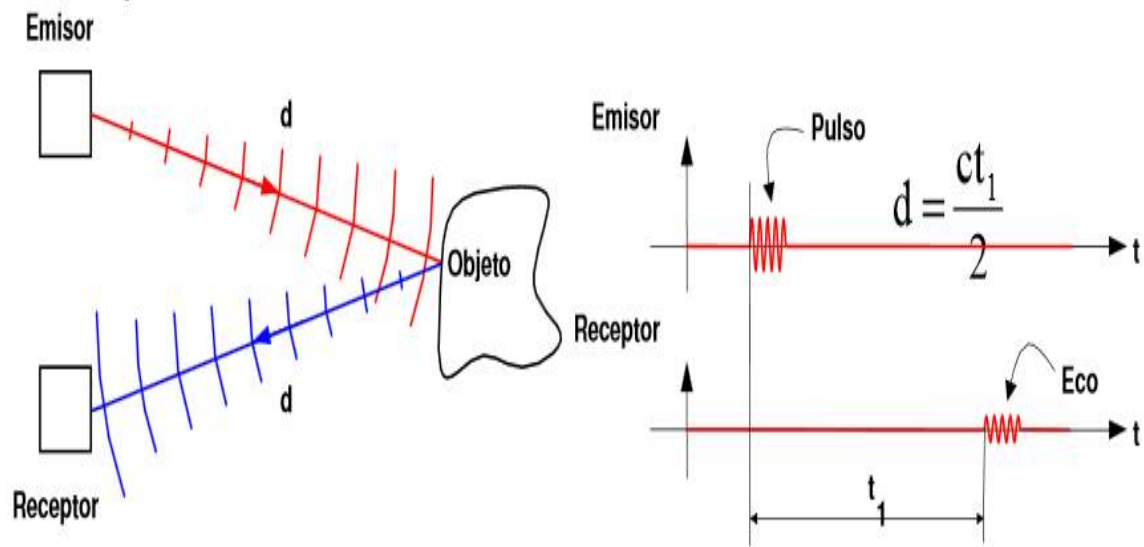


Figura N° 22

### A.1.2 Sensor ultrasónico de reflexión en objetos inmóviles o de tipo eco

En los sensores de ultrasonidos de bajo coste se utiliza el mismo transductor como emisor y receptor. Tras la emisión del ultrasonido se espera un determinado tiempo a que las vibraciones en el sensor desaparezcan y a que esté preparado para recibir el eco producido por el obstáculo.

Esto implica que existe una distancia mínima **d** (proporcional al tiempo de relajación del transductor) a partir de la cual el sensor mide con precisión.

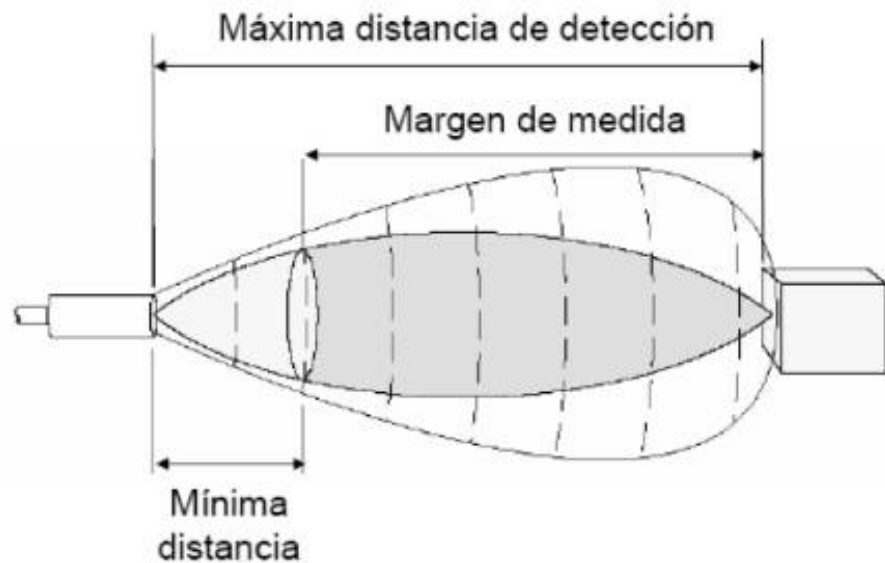


Figura N° 23

#### 2.3.2.1.4. Instrumentos Transmisores – Indicadores:

Son todos aquellos que transmiten los valores y a la vez muestran una indicación en campo de la variable medida. Es la unión de 2 instrumentos, la de un transmisor y un indicador.

**Encoder absolutos:** Los encoder`s absolutos conservan sus datos de posición durante la pérdida de alimentación eléctrica. Son una excelente opción en sistemas que requieren operación a prueba de fallos, las características son:

- Los encoder`s magnéticos se conectan directamente a DeviceNet™ para ofrecer funcionalidad avanzada con menores costos de cableado.
- Los encoder`s de seno/coseno proporcionan retroalimentación absoluta para control de posición y

retroalimentación incremental de alta resolución para control de velocidad.

- El movimiento integrado en encoder's EtherNet/IP™ aprovecha CIP Sync, una extensión sincronizadora de tiempo que cumple completamente la norma IEEE 1588. Puede usar sus encoder's de una vuelta para obtener lecturas confiables en condiciones difíciles.

Para el desarrollo del proyecto se ha seleccionado encoder absolutos magnéticos multiple vueltas con protocolo de comunicación Device Net en la marca Rockwell Automation.



*Figura N° 24 Instrumentos Transmisores – Indicadores [1]*

#### **2.3.2.1.5. Elemento final de control:**

Es el elemento que recibe la señal de un controlador y quien estando en contacto directo con el proceso en línea, ejerza un cambio en éste, de tal forma que se cambien los parámetros hacia el valor deseado. Ejemplos: Válvulas de control, compuertas, etc.

Para el desarrollo del proyecto hemos seleccionado electroválvulas con confirmaciones eléctricas, que serán utilizados para controlar el sistema neumático del



embragué y válvulas de doble efecto para controlar pistones hidráulicos ubicados en los echaderos de mineral.



Figura 25

**Placa Deflectora:** Compuerta electrohidráulica que se encarga de seleccionar los echaderos de mineral y desmonte (tolvas) en función a la carga que se transportando.

**Válvulas de control:** Se sensores que estarán instalados como Trasmisor en los Skips y Receptor en el pique para controlar los limitadores de ascenso y descenso.

### Válvulas de Control

La válvula automática de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso.

#### Partes de la válvula de control

Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: la parte motriz o actuador y el cuerpo.



- **Actuador:** El actuador es también conocido como motor o accionador, puede ser neumático, eléctrico o hidráulico, pero los más utilizados son los dos primeros. Aproximadamente el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente. Los actuadores neumáticos constan básicamente de un diafragma, un vástago y un resorte. Lo que se busca en un actuador de tipo neumático es que cada valor de la presión recibida por la válvula corresponda una posición determinada del vástago.
- **Cuerpo de la válvula:** Este esta provisto de un obturador o tapón, los asientos del mismo y una serie de accesorios. La unión entre la válvula y la tubería puede hacerse por medio de bridas soldadas o roscadas directamente a la misma. El tapón es el encargado de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y puede accionar en la dirección de su propio eje mediante un movimiento angular. Esta unido por medio de un vástago al actuador.

### **Categorías de válvulas**

Debido a las diferentes variables, no puede haber una válvula universal; por tanto, para satisfacer los cambiantes requisitos de la industria se han creado innumerables diseños y variantes con el paso de los años, conforme se han desarrollado nuevos materiales. Para el desarrollo del proyecto consideraremos el empleo electroválvulas neumáticas con confirmaciones eléctricas.



*Figura N° 26 Válvulas de control con confirmaciones eléctricas[1]*

[1] Ver hoja de anexos con hojas de cotizaciones y especificaciones

#### **2.3.2.2 En Función de la Variable de Proceso:**

En Función de la Variable de Proceso existe un número considerable de Instrumentos; sin embargo, nombraremos a los principales de acuerdo a su requerimiento, uso y aplicación dentro del proyecto:

### **2.4 Medidor de flujo Electromagnético**

Están basados en la ley de Faraday que enuncia que el voltaje inducido a través de un conductor que se desplaza transversal a un campo magnético es proporcional a la velocidad del conductor.

Aplicamos un campo magnético a una tubería y medimos su voltaje de extremo a extremo de la tubería. Este sistema es muy poco intrusivo pero solo funciona con líquidos que tengan algo de conductividad eléctrica. Es de muy bajo mantenimiento ya que no tiene partes móviles

Tal como su nombre lo indica, estos instrumentos nos permitirán realizar una medición de flujo en línea y de



manera constante. A pesar de existir diferentes principios de medición de flujo, se determinó que el mejor principio de medición para este proyecto sería a través de un campo Electromagnético, es decir, se utilizaría un medidor de flujo electromagnético. La determinación de usar un medidor de flujo electromagnético fue realizada en función del proceso, la precisión y el precio.

Para la gran mayoría de aplicaciones, se considera el uso de flujómetros con indicador remoto, es decir, el elemento sensor en contacto constante con el fluido y la unidad de indicación y transmisión alejada del elemento sensor a una distancia mínima de 15 metros. Existe también la posibilidad de considerar el uso de flujómetros electromagnéticos del tipo compactos, es decir, con indicador local pero esto quedó descartado debido a las condiciones de procesos y seguridad, tanto de la planta como del personal de operaciones.

El uso de éste instrumento en el proyecto permitirá contabilizar el estado real del cable de acero con la finalidad de obtener datos reales del estado del cable (oxido, picadura, achatamiento e hilos rotos.



Figura N° 27

---

[1] Ver hoja de anexos con hojas de cotizaciones y especificaciones

#### 2.3.2.2 Medidor de Nivel Ultrasónico

El método de medición de nivel se basa en la generación, propagación y detección de ondas elásticas (sonido) a través de los materiales. Impulsos ultrasónicos cortos son lanzados por el transductor sobre el producto a medir, reflejados por la superficie del producto y detectados nuevamente por el transductor. El tiempo desde la emisión hasta la recepción de las señales es proporcional al nivel en el depósito.

La selección de la instrumentación adecuada depende de la naturaleza del proceso; del grado de exactitud y control requeridos y del aspecto económico.



En ese proyecto se considerará el uso de medidores de nivel para líquidos. Cuando nos referimos a líquidos, específicamente estamos hablando de concentrado de plomo. Para éste caso se considerará el uso de medidores de nivel ultrasonido. Estos equipos cuentan con una frecuencia de trabajo en el orden de los MHz. Esta propiedad es canalizada de forma tal que se convierte en un producto ideal para la medición de líquidos.

#### 2.3.2.2.3 Lily Control:

Es un sistema electromecánico que controla la posición y velocidad de las tamboras en función a transmisiones mecánicas que emiten señales eléctricas de control y neumáticas para bloquear en sistema; en su mayora compuesta por finales de carrera.

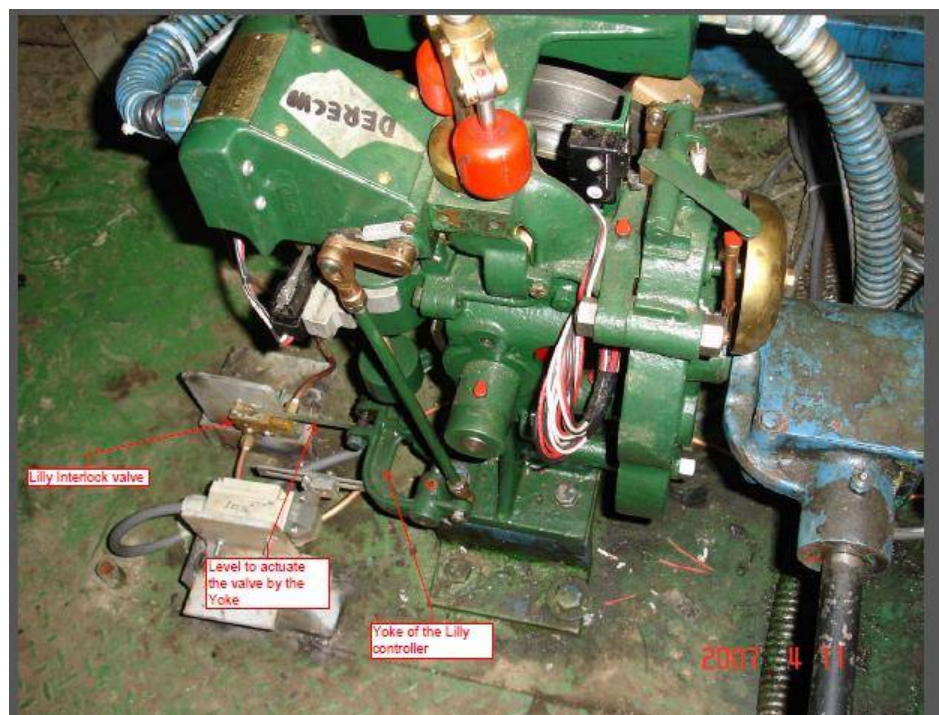






Figura N° 28

#### 2.3.2.2.4 Track Limit:

Sistema de seguridad compuesto por finales de carrera, poleas y cuerda con pesa, cuya función principal es paralizar el sistema por limitador de altura.

##### A.- Sensor de fin de carrera.

Son sensores de contacto que muestran una señal eléctrica, ante la presencia de un movimiento mecánico. Son utilizados ampliamente en ambientes industriales para censar la presencia de objetos. Se utilizan en diversas aplicaciones. Pueden determinar posición específica, la presencia, ausencia, paso y posicionamiento de un objeto. En un comienzo se utilizaba para definir el final del recorrido de un objeto, de ahí que se llamen “interruptores de final de carrera”. Consta de un accionador unido a una serie de contactos. Cuando un objeto entra en contacto con

[illegible]

74



“Es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos.”

#### 2.4.1.2. Estructura de un PLC

La estructura básica de un PLC está compuesta por:

- ✓ Fuente de alimentación

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. La alimentación a la CPU frecuentemente es de 24 Vcc, o de 110/220 Vca.

- ✓ CPU.

Es la parte inteligente del sistema. Interpreta las instrucciones del programa de usuario y consulta el estado de las entradas. Dependiendo de dichos estados y del programa, ordena la activación de las salidas deseadas.

- ✓ Periféricos de entradas y salidas.

Entradas: Corresponde al elemento o interfaz por el cual ingresan los datos que son adaptados y codificados en forma comprensible para la CPU.

Salidas: Trabaja con las señales entregadas de la CPU, decodificándolas y amplificándolas para manejar distintos tipos de actuadores

✓ Memorias

Esta etapa es la encargada de almacenar la información del programa y los datos con los cuales trabaja la CPU. Dependiendo de la función se utilizarán distintos tipos de memoria, como, por ejemplo: memoria de usuario, memoria de tabla de datos, memoria de sistema y memoria de almacenamiento.

Memoria ROM: Es una memoria de sólo lectura que contiene el sistema operativo (firmware) con el que opera el controlador.

Memoria RAM: Es una memoria volátil y de aplicación, ya que en ésta se ubica el programa de usuario.

✓ Unidad de programación

Es un terminal a modo de ordenador que proporciona una forma más favorable de realizar el programa de usuario y observar parámetros internos del autómata

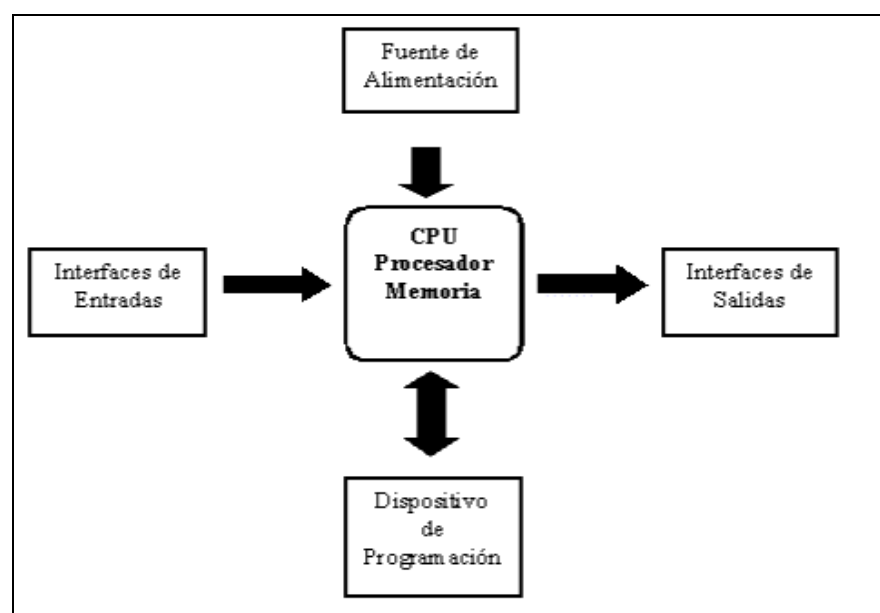


Figura N° 30

#### 2.4.1.3 Ciclo de ejecución de un PLC.

Al iniciar el ciclo la CPU lee el estado de las entradas, posteriormente ejecuta la aplicación empleando el último estado leído. Una vez completado el programa, la CPU ejecutará tareas internas de diagnóstico y comunicación. Al final del ciclo se actualizan las salidas. El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, del número de E/S y de la comunicación requerida. En la figura 8, se muestra el ciclo de ejecución de un Controlador lógico programable.

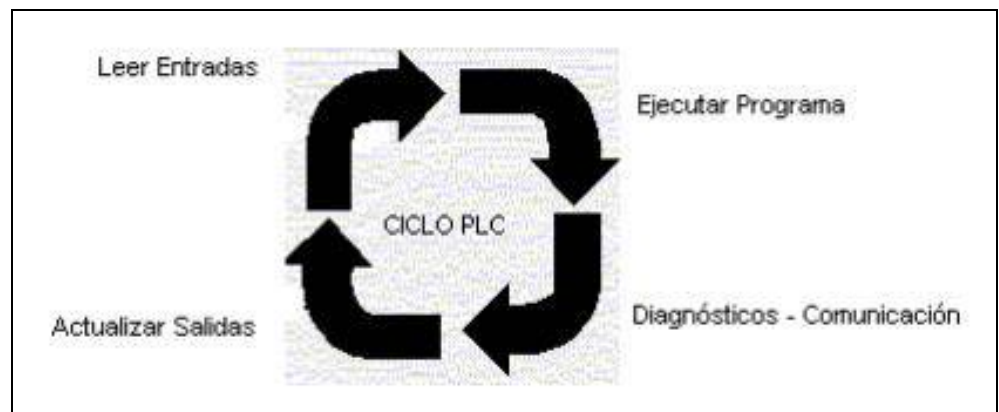


Figura N° 31

### 2.5 Lenguajes de programación para PLC.

#### ✓ KOP

Sigue los principios del lenguaje “Esquema de contactos” (en inglés Ladder Logic). En el lenguaje KOP, las operaciones lógicas con bits operan con dos dígitos, 1 y 0. Estos dos dígitos constituyen la base de un sistema numérico denominado sistema binario. En el ámbito de los contactos y bobinas, un 1 significa activado (“conductor”) y un 0 significa desactivado (“no conductor”). La nomenclatura que utiliza este lenguaje es el siguiente:

- ---| |--- Contacto normalmente abierto
- ---| / |--- Contacto normalmente cerrado



- ---( ) Bobina de relé, salida

Las operaciones lógicas con bits interpretan los estados de señal 1 y 0, y los combinan de acuerdo con la lógica de Boole. Estas combinaciones producen un 1 o un 0 como resultado y se denominan “resultado lógico” (RLO). Las operaciones lógicas con bits permiten ejecutar las más diversas funciones.

#### ✓ AWL

El lenguaje de programación AWL (lista de instrucciones) es un lenguaje textual orientado a la máquina. Las diversas instrucciones equivalen a los pasos de trabajo con los que la CPU ejecuta el programa y éstas se pueden reunir en segmentos. Con este lenguaje editar bloques S7 de forma incremental o crear su programa en una fuente AWL con un editor orientado a la fuente para compilarlo luego en bloques.

Las instrucciones AWL se dividen en:

- OPERACION: indica la instrucción que se ha de realizar (ej. AND).
- OPERANDO: indica una constante o dirección con la que debe trabajar la operación. Si se trata de una dirección se puede manejar en modo bit, byte o palabra.

#### ✓ FUP

Sigue los principios del lenguaje “Diagrama de funciones” fijados en la norma DIN EN-61131-3 (int. IEC 1131-3). Es un lenguaje gráfico que utiliza los cuadros del álgebra booleana para representar la lógica. Asimismo, permite representar funciones complejas (por ejemplo, funciones matemáticas) mediante cuadros lógicos. Cuando hay mucha lógica booleana en serie suele ser más compacto y más fácil de ver el segmento completo

## 2.6 . Tecnología de Comunicación Industrial.

Los equipos que encontramos usualmente en campo (sensores, actuadores) no suelen, en un principio, producir o recibir señales que sean usables. Es por ello que en la industria es fundamental disponer de tecnologías de comunicación disponibles para poder transducir la señal recibida o intercambiada entre los diferentes elementos de campo y controladores en valores inteligibles, los cuales sean posibles de transportar. Entre las herramientas que se utilizar para poder transportar información de un dispositivo a otro, los buses de campo son los que han demostrado ser los más eficaces en un proceso automatizado. En toda comunicación siempre deben existir, al menos, tres elementos fundamentales (ver figura), estos son: transductor, procesador de señal y señal de salida.

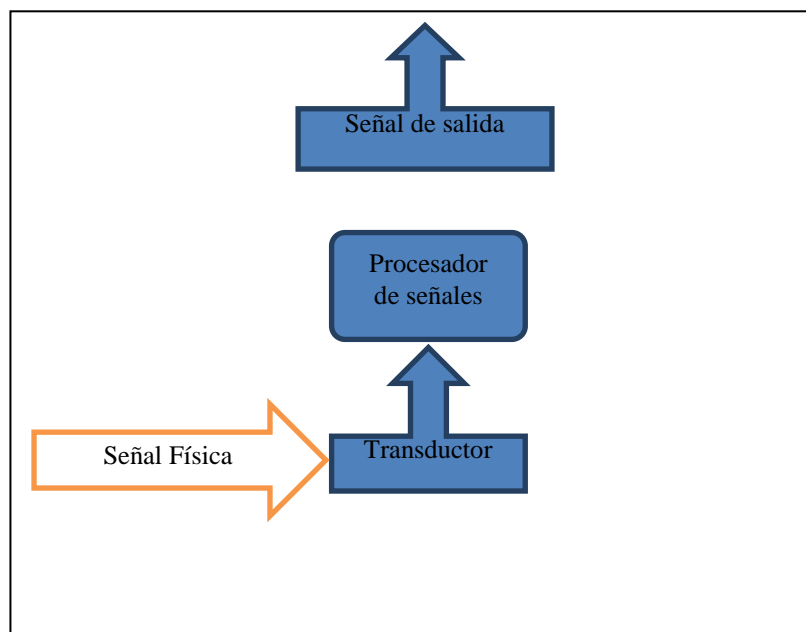


Figura N° 32

### 2.6.1 Comunicación analógica.

En los tipos de comunicación analógica disponible, podemos encontrar:





- ✓ Señal de 4 – 20 Ma: Señal de corriente con valores continuos en el tiempo que representan 0 – 100% en el rango de un instrumento de campo, donde 4 Ma sería el valor más bajo del rango y 20 Ma el más alto. Además, tiene un 0 flotante (4Ma) el cuál puede servir de alarma si muestra un valor inferior a 4Ma y superior a 20 Ma.

### **2.6.2 Comunicación digital.**

Tipo de comunicación en la que se tienen cambios en pasos discretos (señal no continua). Esta señal se obtiene a partir de señal analógica, tomando un número de muestras por segundo causando que la señal obtenida sea discreta.

## **2.7 Modelo OSI**

El modelo OSI se divide en las siguientes capas:

- Capa Física: “Especifica las características mecánicas y eléctricas del sistema físico de transporte (cable de par trenzado, cable coaxial, etc.) y de las interfaces que permiten la conexión física de los equipos a dicho sistema de transporte. Define las tecnologías aceptadas y el modo de emisión”.
- Capa de Enlace de Datos: “Establece la forma de agrupar los datos en paquetes de longitud adecuada y añade los mecanismos necesarios para poder controlar la transmisión de información y detectar y corregir errores. Debe realizar el control de envío y recepción de información en el bus, teniendo en cuenta que puede haber más de un interlocutor, y debe garantizar el acceso a todos los equipos conectados a la red”.
- Capa de Red: “La capa de red se ocupa del direccionamiento a través de sistemas mediante técnicas de encaminamiento (routing) y de control de flujo. Aquí se



aplican algoritmos de control de tráfico y optimización, de manera que un mensaje puede estar fragmentado en varios paquetes que no tienen por qué seguir el mismo camino. Cada paquete seguirá el camino óptimo determinado por los controladores de la red, atendiendo a variables tales como la disponibilidad de equipos y el estado del tráfico de la red en cada momento”.

- Capa de Transporte: “Tiene la misión de garantizar un enlace fiable entre terminales. Divide la información en paquetes manejables por el sistema de transmisión. Controla la gestión de los paquetes de información (orden de envío y recepción, formatos de transmisión, peticiones de reenvío en caso de error, etc.). Esta capa no es indispensable en el caso de un bus de campo, pues sus servicios ya los soportan las capas 1, 2 y 3.”
- Capa de Sesión: “Administra las comunicaciones entre equipos. Se ocupa de coordinar las comunicaciones mediante el establecimiento de comunicación, su mantenimiento y su finalización de una forma ordenada. Al igual que la capa 4, son necesaria en el caso de un bus de campo”.
- Capa de Presentación: “Realiza la conversión de datos a un formato común, entendible por todos los equipos. En este nivel deberían situarse las normas que definen los “Aparatos Virtuales” que respetarían las mismas órdenes y la misma codificación de las variables, haciendo la aplicación transparente para el usuario. Para los buses de campo, no hay formas oficiales para la representación de las informaciones del proceso”.
- Capa de Aplicación: “Capa de campo libre para los fabricantes y usuarios. Localiza las funciones de usuario y los servicios de comunicación. Presta servicios al usuario,



que comprenden la interacción directa con los procesos de aplicación, manejando las transferencias de ficheros, base de datos, correo electrónico, etc.”

## 2.8 Protocolos de Comunicación.

- Hart: Siglas de Highway Addressable Remote Transducer desarrollado por Rosemount, hoy en día parte de Emerson Process Management, en los años 80's. Este tipo de protocolo se superpone en la señal de corriente de 4-20 Ma, mediante técnica de modulación FSK (Frequency Shift Keying).
- Foundation Fieldbus: Protocolo de comunicación digital desarrollado por la organización del mismo nombre. Creado con el fin de tener un bus de campo único y abierto para conectar diferentes dispositivos de control de proceso en una sola red.

Foundation Fieldbus se divide en tres capas:

- ✓ Capa Física: Se basa en IEC 11158-2, compatible con Profibus-PA. Maneja las conexiones físicas necesarias para la comunicación. Este segmento puede ser:
  - H1: Opera a 31.25 Kbits/s para integrar dispositivos de control de procesos. H1 está optimizado para aplicaciones de control de procesos tradicionales, usando par trenzado con transmisión Half-Duplex.
  - HSE: Opera a 100 Mbits/s, pudiendo llegar a 1Gb/s. H2 fue diseñado para la transmisión de datos a gran escala e integración de sistemas.
- ✓ La Pila de Comunicaciones: maneja la comunicación en una red FOUNDATION Fieldbus, manteniendo solicitudes de mensajes salientes, recibiendo mensajes entrantes, programa el tiempo en la red para la repartición de los mensajes y negocia mandando



mensajes de red no programados. Abarca los niveles de capa 2 al 7.

- ✓ La capa de usuario: controla los elementos de interfaz humano-máquina, como la configuración de un transmisor y las alarmas.
- Profibus, Según Guerrero/Yuste/Martínez (2008) “Profibus es un protocolo que proporciona una solución de uso general para las tareas de comunicación Maestro-Esclavo y Perfiles de Protocolo de las industrias de Automatización de Procesos, Seguridad y Control de Movimiento.”
- ✓ Profibus-DP (Decentralized Periphery): “Se dispuso en la parte Parte 3 de la Norma DIN E 19245 y se integró en la Norma Europea de bus de campo EN 50170. Ajustado a los requisitos de intercambio de datos más rápido y eficiente requerido por los elementos de automatización (Actuadores, Sensores, Entradas y Salidas Digitales y Analógicas)” (Guerrero / Yusto / Martínez, 2008).

Sus características principales son:

- Acceso al bus por Paso de testigo entre Maestros y Maestro-Esclavo con el resto de estaciones.
- Permite sistemas mono Maestro o multi Maestro.
- Comunicación cíclica Maestro-Esclavo.
- Comunicación Punto a punto o multicast.
- Tiempo de ciclo típico: 5 a 10 ms.
- Hasta 32 estaciones por segmento.
- Hasta 127 estaciones en total, con 0 a 246 bytes de datos de usuario.
- Velocidad: 9.6 Kbaud a 12 Mbaud



- Los módulos de bus pueden conectarse y desconectarse en marcha.
  - Transmisión: RS-485 o por fibra óptica.
  - El bus se puede ampliar mediante repetidores.
  - La topología de un segmento es lineal (hasta 1200 m). Con repetidores, se puede elaborar una estructura de árbol.
  - Hasta 12 km con cables y hasta 23.8 km con fibra óptica.
- ✓ Profibus-PA (Process Automation): “Variante de Profibus para la automatización en la ingeniería de procesos. Originalmente se especificó bajo la ISP 3.0 (Proyecto de Sistemas Interoperativos) y pasó a llamarse Profibus-ISP. Fue en 1995 cuando su nombre cambió a Profibus-PA. Su uso específico es en Zonas Ex, seguridad intrínseca”
- Las características de Profibus-PA son:
- Transmisión digital síncrona
  - Velocidad: 31,25 Kbit/s.
  - Alimentación de potencia (VDC) en el cable de bus.
  - Topología Lineal, Árbol y Estrella.
  - Hasta 32 estaciones por segmento.
  - Longitud de segmento hasta 1900 m (sin repetidor).
  - Bus expandible con un máximo de 4 repetidores por segmento
- ✓ Industrial Ethernet: constituye una red eléctrica sobre la base de una línea coaxial apantallada, un cableado Twisted Pair o una red óptica sobre la base de un conductor de fibras ópticas. Industrial Ethernet está



definida por el estándar internacional IEEE 802.3. En el sistema de comunicación abierto SIMATIC NET, Industrial Ethernet es la red para el nivel de control y para el nivel de célula.

## 2.9 PLC CONTROLLOGIX

Es los sistemas ControlLogix, usan un motor de control común con un ambiente de desarrollo común para proporcionar alto rendimiento en un ambiente fácil de usar. La estrecha integración entre el software de programación, el controlador y los módulos de E/S reduce el tiempo de desarrollo y el costo en la puesta en marcha y durante la operación normal. Puede realizar control estándar y de seguridad en el mismo chasis en un sistema verdaderamente integrado. Aproveche la gran disponibilidad y las capacidades de ambientes difíciles para cumplir con las necesidades de su aplicación.

Para el desarrollo del proyecto se seleccionó el Controlador de entorno extremo 1756 con un chasis para integrar 16 módulos de E/S, comunicación. RTD, analógicos, etc para ambientes difíciles, funcionan de la misma forma y ofrecen las mismas características que los controladores estándar ControlLogix. El controlador XT aprovecha el motor de control de Arquitectura Integrada™ de Rockwell Automation® con mejoras para cumplir con las necesidades de las aplicaciones en ambientes difíciles, incluido el revestimiento de conformación que extiende la vida del producto en entornos hostiles y corrosivos. Además, un sistema de control XT deja un espacio entre módulos en ranuras intercaladas para lograr una

atenuación térmica y ofrece una ventilación rediseñada para alcanzar un mayor flujo de aire



Figura N° 33 Controlador PLC ControlLogix[1]

### CARACTERÍSTICAS:

Productividad al permitir una mayor disponibilidad del sistema conmutando el control a un chasis de controlador secundario si el módulo de redundancia primaria detecta un evento del chasis primario. Una mayor disponibilidad resulta en un menor tiempo improductivo.

- Proporciona el doble de velocidad de procesamiento en los modelos L7 al compararlos con los modelos L6.
- Utilizados de forma independiente, puede funcionar en ambientes con rango de temperatura de -25°C a 70°C (de -13 a 158°F).
- Puede funcionar en ambientes con rango de temperaturas -29°C a 70°C cuando se usa con módulos Fex I/O – XT.
- Admite movimientos integrados en Ethernet/IP, movimiento sercos integrados y el movimiento analógico.
- Admite redundancia completa de los controladores





- Admite la desconexión y reconexión con la alimentación conectada.
- Se comunica a través de EtherNet/IP, ControlNet, DeviceNet, Data Highway Plus, E/S remotas, SynchLink y muchas redes de procesos y dispositivos de otros fabricantes.

La redundancia ControlLogix puede ayudarle a:

- Mantener el sistema sin detener el controlador
- Ejecutar procesos continuos, cuando el tiempo improductivo puede resultar en daño al equipo o reinicios costosos, pérdida de ingresos o daño al producto
- Producir altos volúmenes de producto y producto costoso cuando el tiempo improductivo no es una opción

## 2.10 RSLogix 5000

RSLogix 5000 Enterprise Series está diseñado para trabajar con las plataformas de controlador Logix5000. RSLogix 5000 Enterprise Series es un paquete de software compatible 61131-3 IEC que ofrece escalera de relés, texto estructurado, diagrama de bloques de función, y los editores de diagrama de funciones secuenciales para que pueda desarrollar programas de aplicación. Crea tus propias instrucciones encapsulando una sección de la lógica en cualquier lenguaje de programación en una instrucción Add-On Logix Aplicación Diseñador.

Aplicación Logix Designer es una solución escalable de aplicaciones utilizado para programar y configurar cualquiera de la familia de productos Logix5000



controlador. Dependiendo de la funcionalidad requerida, podrían ser necesarios uno o más números de catálogo de productos para adquirir la funcionalidad adecuada. Utilice las siguientes tablas para ayudar a determinar qué paquete de aplicación Logix Designer es el más adecuado para sus necesidades de aplicación.

Estudio 5000 Diseñador Logix, la progresión de software RSLogix 5000, ofrece el marco estandarizado para discreta, proceso por lotes, el movimiento, los sistemas basados drive-seguridad y, lo que ayuda a ahorrar tiempo de programación.

El ambiente de estudio 5000® combina diseño e ingeniería elementos en un solo marco estándar. Optimiza la productividad, acorta los ciclos de diseño y reduce el tiempo de comercialización. Estudio 5000 le ayuda a responder rápidamente a los cambios en las necesidades del mercado y de negocios y reduce los costes totales de propiedad. Las nuevas capacidades de diseño pueden aumentar la productividad de la automatización y reducir los costos durante el ciclo de vida de un proyecto. El medio ambiente es el único lugar para los ingenieros para desarrollar todos los elementos de su sistema de control para la operación y mantenimiento. Estudio 5000 se extiende más allá de un controlador a ser una herramienta de desarrollo y diseño de todo el sistema.

La familia RSLogix de paquetes de programación lógica de escalera IEC-1131 ayuda a maximizar el rendimiento, ahorrar tiempo de desarrollo del proyecto, y mejorar la



productividad. Esta familia de productos se ha desarrollado para operar en los sistemas operativos Microsoft Windows.

### **RSLogix 5000 Enterprise Series Software Requirements**

Description	Value
Minimum System Requirements for RSLogix 5000	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pentium 4 2.8 GHz processor</li><li>• 1 GB RAM</li><li>• 16 GB available hard disk space</li><li>• 1024x768, True Color graphics device</li></ul>
Recommended System For Best User Experience And Faster Downloads	<ul style="list-style-type: none"><li>• Intel Core i5 2.4GHz processor</li><li>• 8 GB available hard disk space</li><li>• 20GB available free disk space</li><li>• DirectX 9 graphics device with WDDM 1.0 or higher driver</li></ul>
Operating System Support	RSLogix 5000 V20 software has been tested on the following operating systems: <ul style="list-style-type: none"><li>• Microsoft Windows 7 Professional (64-bit) with Service Pack 1a</li><li>• Microsoft Windows 7 Home Premium (64-bit) with Service Pack 1 a</li><li>• Microsoft Windows 7 Home Premium (32-bit) with Service Pack 1 a</li><li>• Microsoft Windows Vista Business (32-bit) with Service Pack 2 b</li><li>• Microsoft Windows XP Professional with Service Pack 3</li><li>• Microsoft Windows Server 2008 R2 Standard Edition with Service Pack 1</li><li>• Microsoft Windows Server 2008 Standard Edition with Service Pack 2</li><li>• Microsoft Windows Server 2003 R2 Standard Edition with Service Pack 2</li></ul>
Notes	<ol style="list-style-type: none"><li>1. User account control (UAC) must be set to “always notify.”</li><li>2. User account control (UAC) must be turned on.</li></ol>

*Figura 34*

---

<http://ab.rockwellautomation.com/programmable-controllers/controllogix>

Estos productos RSLogix comparten:

- Características de edición fáciles de usar flexibles
- Común look-and-feel
- Diagnóstico y Herramientas para solucionar problemas
- Las potentes funciones de ahorro de tiempo y la funcionalidad.
- Utilice un paquete de diseño y software de configuración intuitivo
- Simplificar el desarrollo de soluciones de control complejas
- Tener un mayor acceso a información en tiempo real
- Desarrollar aplicaciones localizadas en una sola plataforma de



Control, en un entorno de ingeniería colaborativa.

### **2.9.1 Plataformas de programación en RSLOGIX 5000**

#### **A.- Escaleras de Relés:**

Basada en la lógica de relés convencional.



“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR  
EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERA SUBTERRÁNEA  
DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”

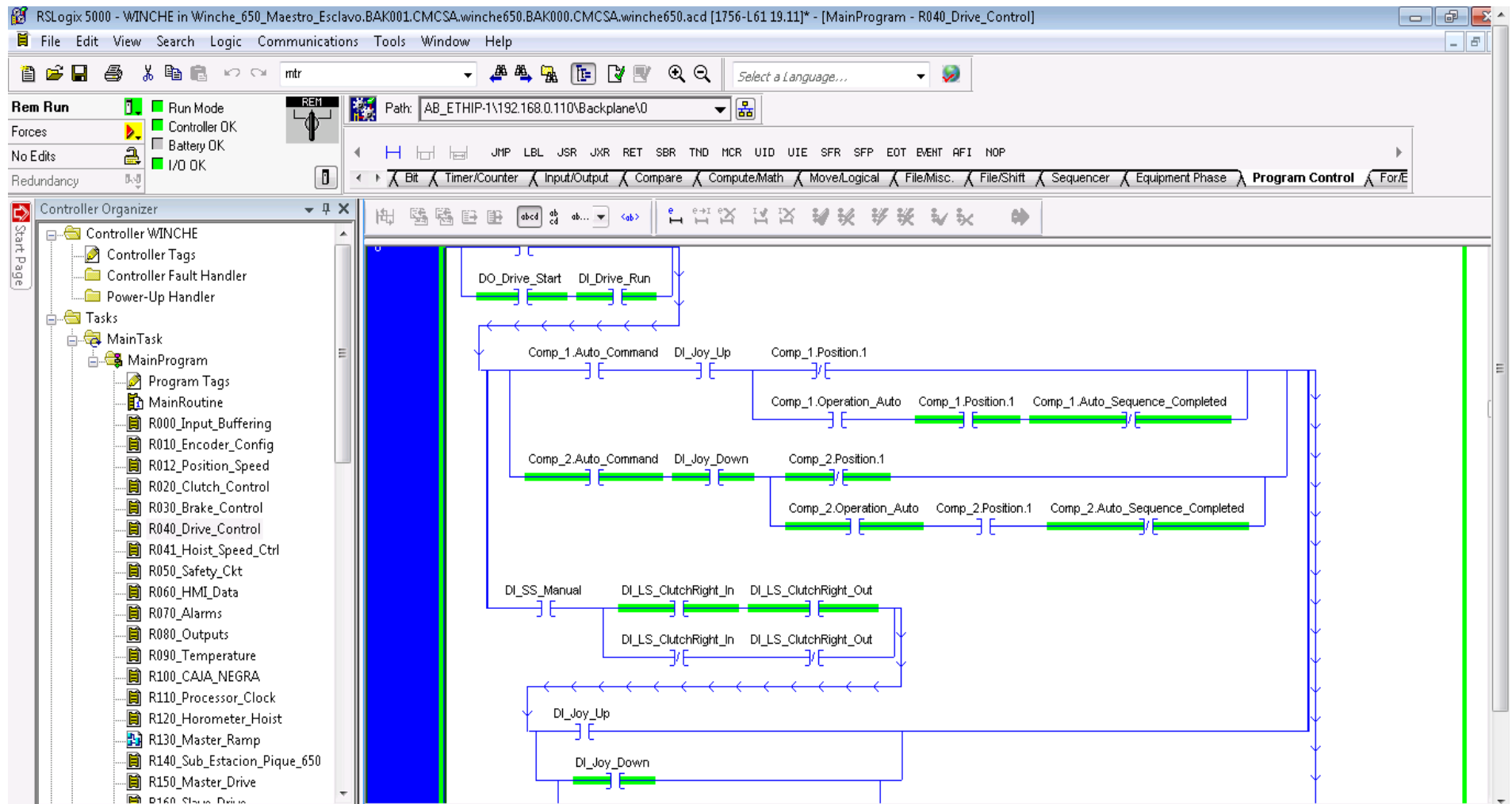



Figura N° 35

## B.- Texto Estructurado:

Texto estructurado es un lenguaje de programación textual que usa declaraciones a definir lo que va a ejecutar. El texto estructurado no distingue entre mayúsculas y minúsculas.



```
IF bool_expression THEN
  <statement>;
END_IF;
```

Operand	Type	Format	Enter
bool_expression	BOOL	Tag Expression	BOOL tag or expression that evaluates to a BOOL value (BOOL expression)

**Description:** The syntax is:

```
IF bool_expression1 THEN
  <statement>;
  .
  .
  .
Optional { ELSIF bool_expression2 THEN
  <statement>;
  .
  .
  .
Optional { ELSE
  <statement>;
  .
  .
  .
END_IF;
```

Statements to execute when *bool\_expression1* is true

Statements to execute when *bool\_expression2* is true

Statements to execute when both expressions are false

To use ELSIF or ELSE, follow these guidelines.

- To select from several possible groups of statements, add one or more ELSIF statements.
  - Each ELSIF represents an alternative path.
  - Specify as many ELSIF paths as you need.
  - The controller executes the first true IF or ELSIF and skips the rest of the ELSIFs and the ELSE.
- To do something when all of the IF or ELSIF conditions are false, add an ELSE statement.

Figura N° 36

## C.- Diagrama de Bloques de Función

Es una serie de hojas que ayudan a organizar y encontrar sus bloques de funciones. No afectan el orden de funciones ejecutadas, cuando se ejecuta la rutina todas las hojas se ejecutan, en general, se utiliza para cada dispositivo, tal como un motor o válvula.



“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR  
EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERA SUBTERRÁNEA  
DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”

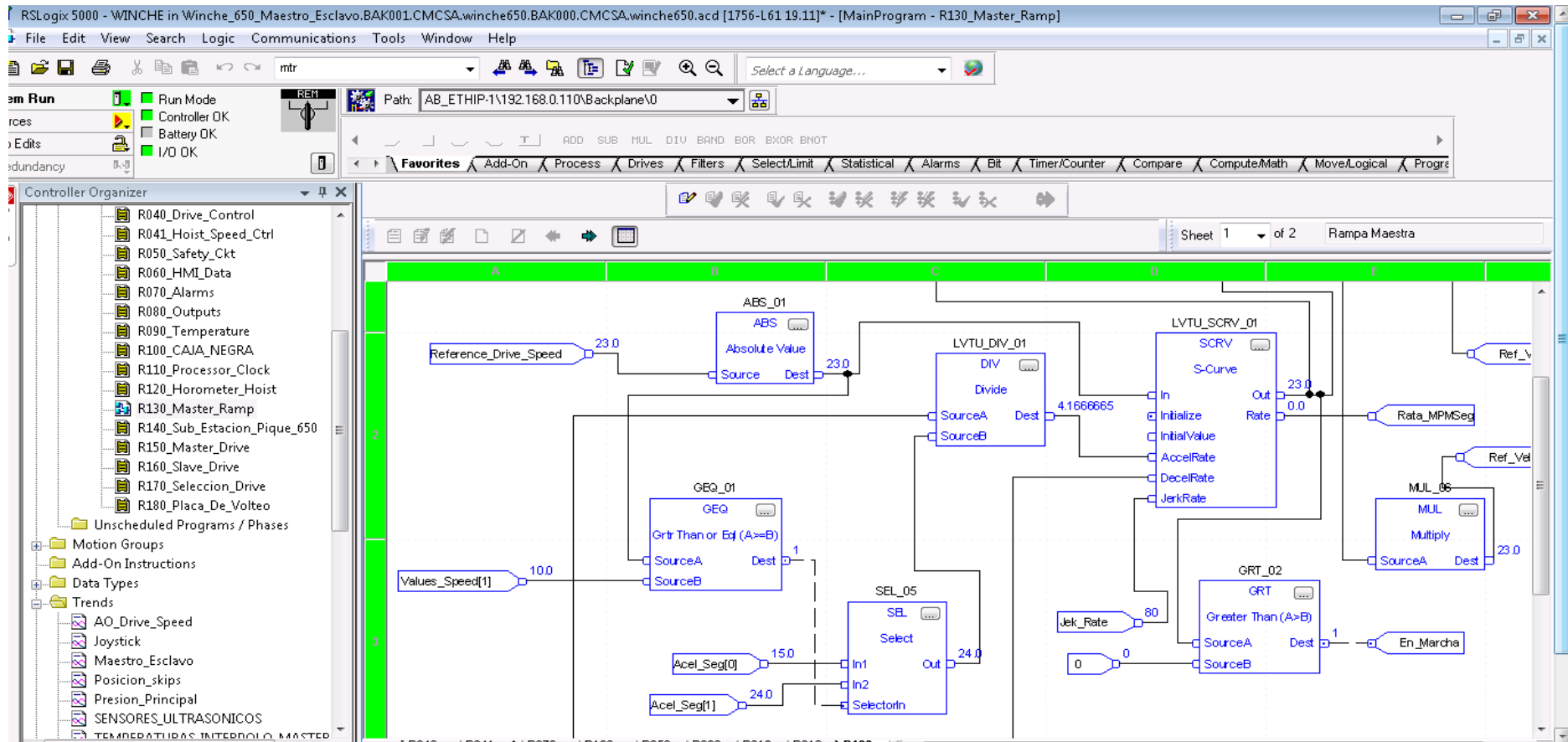


Figura N° 37





#### **D.- Editores de diagrama de funciones secuenciales:**

Un diagrama de función secuencial (SFC) es similar a un diagrama de flujo del proceso. En él se definen los pasos o estados por los que el sistema avanza. Le ayuda a organizar la especificación funcional para el sistema, programa y controlar su sistema como una serie de etapas y transiciones.

Mediante el uso de un SFC para especificar su proceso, se obtiene estas ventajas:

- Desde un SFC es una representación gráfica de su proceso, es más fácil de organizar y leer que una versión textual.
- Agregar notas que aclaran los pasos o capturar información importante para el uso más adelante.

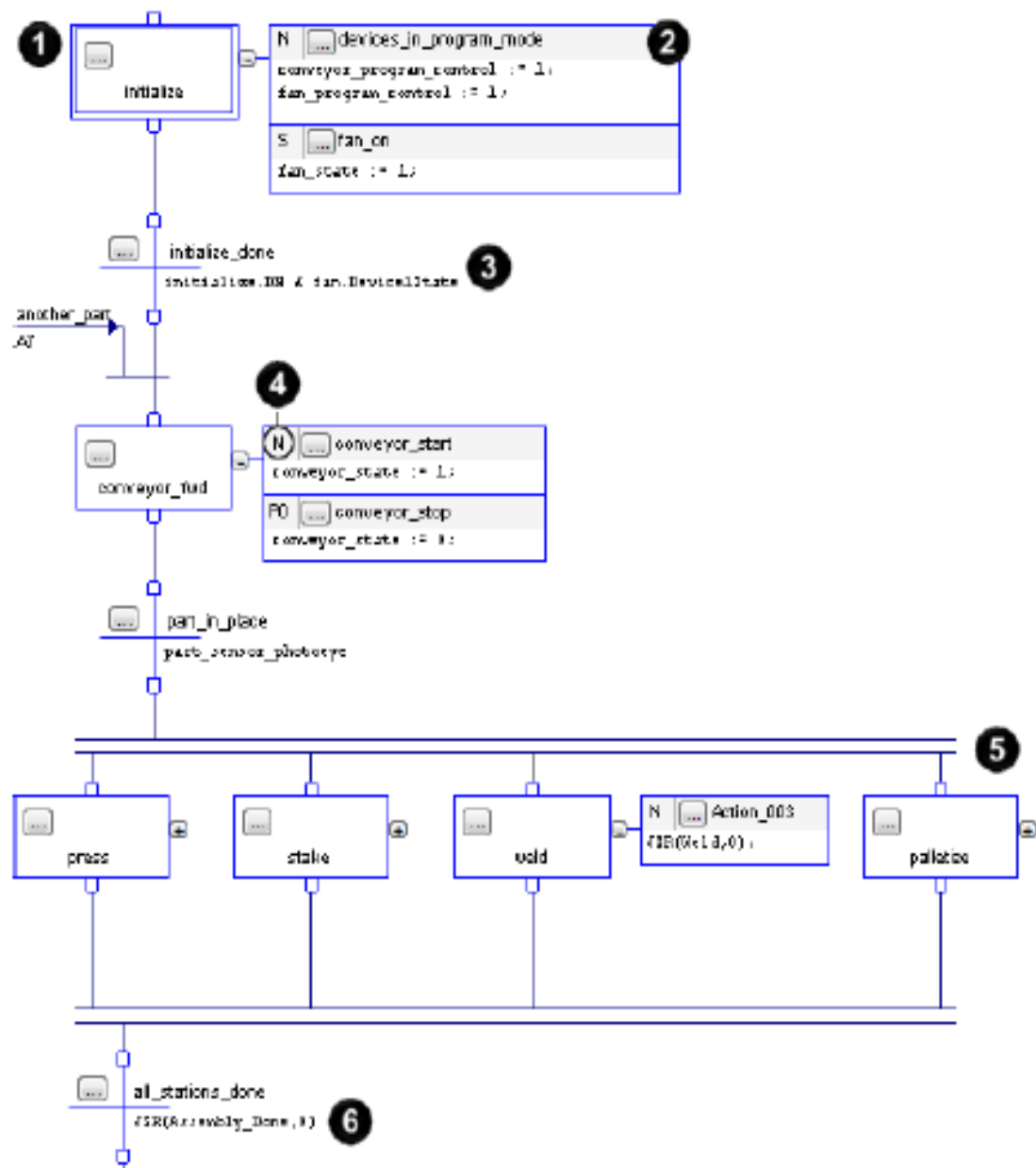


Figura N° 38



## 2.10 HMI

### 2.10.1 Definición

**HMI**, Human Machine Interface o Interface Humano Máquina, comúnmente denominado Interfaz de comunicación entre operario y proceso. El HMI es el lugar donde se encuentran las personas y la tecnología. Este encuentro puede ser algo tan simple como un horno de microondas o tan complejo como el comando de un jet. Aplicado a las computadoras, en el ámbito industrial, es el sistema que vuelve evidentes las diferentes funcionalidades disponibles en un sistema de automatización y control.

Así como el mango de un martillo debe acomodarse a la mano para facilitar su uso, un sistema HMI debe acomodarse a las tareas que los usuarios deben realizar y a su visión del sistema de automatización.

Con el uso de un HMI es posible:

- Monitorear señales y estados del sistema
- Cambiar setpoints, operaciones de emergencia

### 2.10.2 HMI PANEL VIEW PLUS 1500

Las terminales de diálogo PV+ permiten un amigable acceso a la máquina, multiprotocolo, visualización de mensajes y alarmas, modificación de variables y acceso a menú usuario. Con una completa gama de terminales y visualizadores, y un nuevo concepto en el diálogo hombre-máquina.

Las terminales de diálogo hombre-máquina PV+ están disponibles en sus versiones Alfanuméricas, Matriciales, Gráficas (con tecla, con pantalla sensible al tacto o touch).

Las mismas tienen como función: visualizar datos del automatismo, señalar las fallas, modificar parámetros y controlar procesos entre otras posibilidades.



Entre las principales ventajas de los HMI PV+ podemos citar:

- ✓ Visualizar sinópticos animados
- ✓ Visualizar una línea de servicio (barra de estados y alarmas), con la hora actual
- ✓ Visualizar en forma dinámica los datos de explotación (consignas, medidas, entradas, mensajes de mantenimiento) y los defectos del proceso
- ✓ Controlar mediante teclas de función estáticas y dinámicas
- ✓ Poner a escala variables analógicas
- ✓ Realizar curvas de tiempo real y curvas de tendencia
- ✓ Hacer históricos de alarmas y gestionar alarmas por grupos
- ✓ Gestionar páginas de ayuda (asociadas a las páginas de aplicación o alarma), páginas formularios y páginas de recetas
- ✓ Hacer llamadas de páginas por iniciativa del usuario ó del autómatas
- ✓ Tener tres niveles de contraseña
- ✓ Imprimir páginas formularias, históricos con fecha y hora y alarmas
- ✓ Realizar páginas modelo (permiten mostrar fondos de pantalla comunes con logos u otro tipo de gráficos para las páginas de aplicación, alarma o ayuda).

Cada terminal PanelView Plus y PanelView Plus CE está precargado con FactoryTalk View Machine Edition tiempo de ejecución y el terminal software de configuración que no requiere activación. Edición de aplicaciones para los terminales se crean usando FactoryTalk. Ver el software Studio. Los usuarios, con



excepción de los operadores de equipos, pueden ver una máquina de correr.

Aplicación Edition en modo de sólo lectura dentro de un navegador Web con Software de punto de vista. Este software es una capacidad complemento proporcionado con FactoryTalk View Studio.

El PV+ ofrece una visión general del PanelView Plus 700, 1000, 1250, 1250H, 1500 y terminales. Tales como:

Los componentes modulares

- Unidad de Base-configurado
- Módulos de comunicación
- Módulo lógico, estándar o CE
- Fuente de alimentación, AC o DC
- Módulos de visualización

Los PanelView Plus 700 a 1.500 terminales son dispositivos HMI que ofrecen estas características:

- Módulos de gráfico de color de pantalla con teclado, pantalla táctil, o apoyo teclado y pantalla táctil
- Pantalla táctil resistiva analógica
- Ethernet y serial de comunicaciones
- Interfaz de comunicación modular para facilitar la capacidad de add-on
- módulos de ampliación de memoria para las actualizaciones de campo a 256 MB de RAM y 512 MB CompactFlash.
- Entrada de energía, CA (85 ... 264 V CA) o DC (18 ... 32 V DC)
- Ranura de tarjeta CompactFlash Tipo 1 es compatible con tarjetas CompactFlash

- puertos USB proporcionan conexiones para teclado, ratón e impresora
- Campo biseles intercambiables
- secciones de panel mismo que el Standard PanelView y PanelView
- terminales mejorados
- Módulo estándar o la lógica de la CE

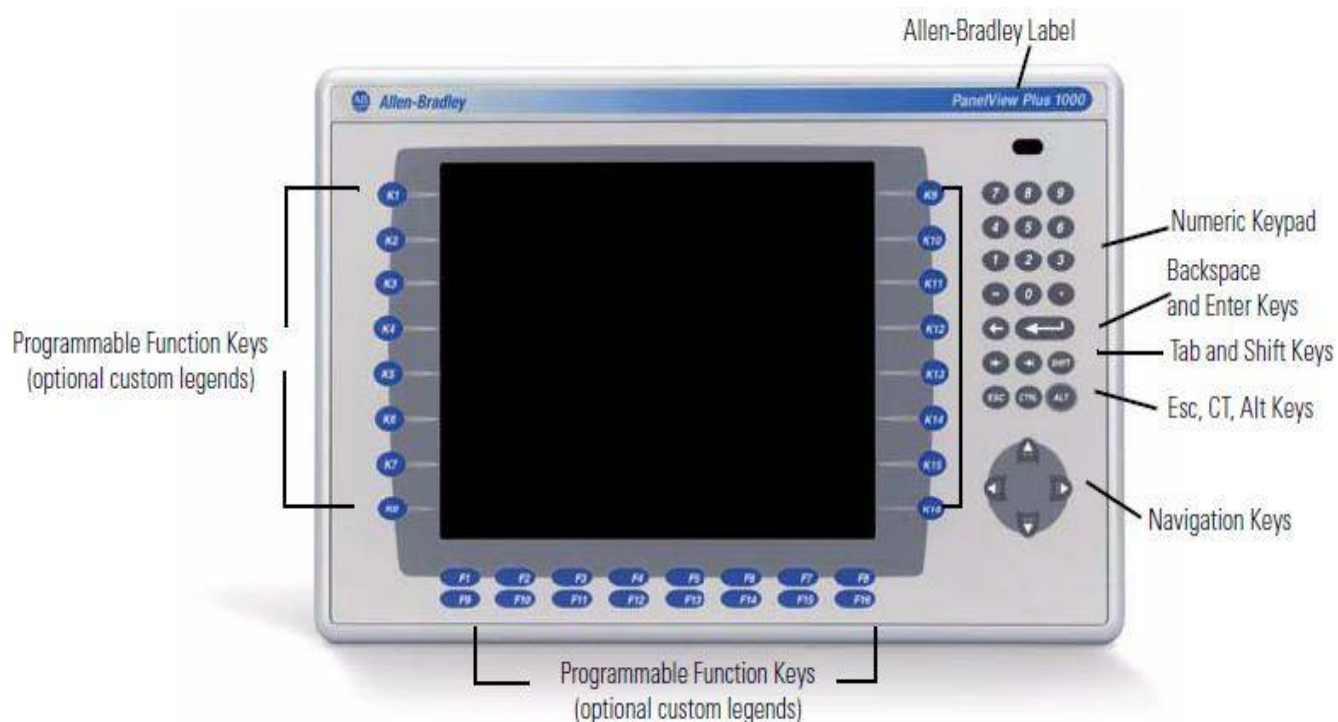


Figura N° 39

### 2.10.3 FactoryTalk View Studio

FactoryTalk View ofrece una suite de productos de software HMI diseñados con una mirada común, sensación, y la navegación para ayudar a acelerar el desarrollo de aplicaciones HMI y el tiempo de formación. El apoyo a la Rockwell Automation Arquitectura Integrada, FactoryTalk View es parte de la suite escalable y unificado de soluciones de vigilancia y control diseñados para abarcar las aplicaciones a nivel de máquina independientes a través de nivel de supervisión aplicaciones HMI





a través de una red. FactoryTalk View incluye la herramienta de desarrollo basada en PC FactoryTalk View Studio, así como FactoryTalk View Machine Edition, FactoryTalk View Site Edition y el software FactoryTalk ViewPoint.

Dentro de los beneficios tenemos:

- Escalable a través de múltiples plataformas, incluyendo terminales PanelView Plus HMI y los ordenadores industriales, tanto para el nivel de la máquina y el nivel de supervisión HMI.
- Desarrollo Streamline HMI con un editor común para FactoryTalk View ME y FactoryTalk View SE.
- Personalizar la experiencia del operador utilizando el lado del cliente VBA y el modelo de los gráficos expuestos.
- Migrar proyectos PanelView a FactoryTalk View Machine Edition.
- Maximizar la productividad accediendo directamente a la información de etiquetas en el controlador, lo que elimina la necesidad de crear variables HMI.
- Maximizar la disponibilidad del sistema con una función de detección y recuperación de errores.
- Acciones de datos con otra fábrica-Talk habilitadas productos que ofrecen servicios comunes, tales como seguridad, alarmantes y diagnósticos.
- Da a los usuarios remotos acceder a las pantallas de unas terminales de un navegador web estándar mediante el uso de



software FactoryTalk ViewPoint y add-on para FactoryTalk View Studio.

FactoryTalk View Studio proporciona una herramienta de desarrollo común para FactoryTalk View Site Edition y FactoryTalk View Machine Edition, que permite a los usuarios crear aplicaciones en un solo entorno de diseño. FactoryTalk View Studio es compatible con la edición y reutilización de proyectos para la mejora de la portabilidad entre la máquina embebido y sistemas HMI de supervisión. Con FactoryTalk View, todos los productos de software de la suite se construyen en la misma arquitectura integrada, escalable. Los desarrolladores de aplicaciones pueden importar aplicaciones completas a nivel de máquina en aplicaciones de nivel de supervisión o arrastre componentes individuales y colocarlos directamente en proyectos de supervisión, ahorrando tiempo de desarrollo y la reducción de los costes de ingeniería y formación. Los usuarios pueden importar PanelBuilder32 (PanelView) aplicaciones en FactoryTalk View Machine Edition y RSView32 aplicaciones en FactoryTalk View Site Edition, la protección de sus inversiones actuales HMI.

Dentro de los canales y protocolos de comunicación con los que cuenta son:

Ofreciendo conectividad preferido productos de Rockwell Automation, FactoryTalk View Machine Edition es el producto ideal para conectarse a dispositivos como ControlLogix, CompactLogix, MicroLogix, PLC-5, y controladores SLC. Redes soportadas incluyen Ethernet, ControlNet, DH +, DF1, y DH-485. Todas las plataformas de ejecución FactoryTalk View Machine Edition también incluyen KEPServer Empresa para apoyar una amplia variedad de controladores y dispositivos programables de terceros.

## 2.11 Sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)

### 2.11.1 Definición.

“Un Sistema SCADA, siglas en inglés de Supervisory Control and Data Adquisición, consiste en un sistema con un número de unidades terminales remotas (RTUs) que recolectan información, conectadas a una estación maestra vía un sistema de comunicación.”

### 2.11.2 Componentes.

La Figura muestra el diagrama genérico de un sistema SCADA. En él se tienen las RTUs, los multiplexores, el host central y los terminales de operación (Terminal Workstations). Un sistema SCADA consiste de:

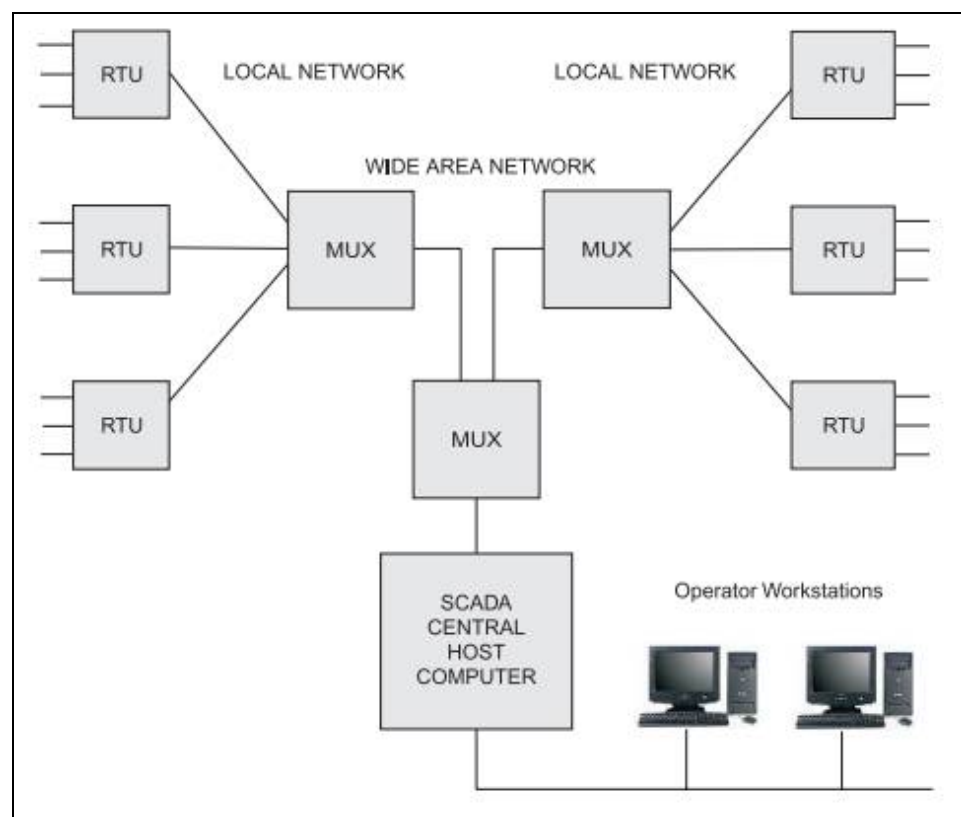


Figura N° 40



Uno o más dispositivos interfaces de datos de campo, RTU's o PLC's, quienes sirven de interfaz a los dispositivos de sensado de campo y el Sistema de Comunicación usado para transferir información entre los dispositivos interfaz de datos de campo y las unidades de control y computadoras en el SCADA host central.

Computadora servidor host central (llamada también central SCADA, estación maestra o unidad maestra terminal – MTU).

Un sistema de comunicación que soporte el uso de estaciones de trabajo que se puedan encontrar geográficamente remotas del computador host central.

Sistemas de softwares usados para proveer al SCADA host central y las aplicaciones terminales de operador, soporte al sistema de comunicaciones y monitoreo y control remoto de los dispositivos de campo (Interfaz Humano-Máquina o por sus siglas en inglés, HMI).

### **2.11.3 Mecanismos de adquisición de datos.**

La adquisición de datos consiste en primero realizar un escaneo por parte de los RTU's de los datos de campo, lo cual toma un tiempo menor a dos segundos.

El computador host central escanea el RTU para acceder a los datos en un proceso llamado sondeo. En caso de que alguna alarma urgente, el sistema permite al mensaje del RTU enviar la información al host central sin ser “sondeada”. Este proceso es llamado “mensaje no solicitado”. La acción de control entonces es enviada hacia el RTU.



## **2.12 Variadores de velocidad.**

Los Convertidores de Frecuencia, también llamados Variadores de Frecuencia (VDF) o Inversores (Inverters) (aunque realmente este nombre corresponde a una parte del VDF, por constituir el componente principal muchos fabricantes usan esta denominación), han venido a resolver el problema de poder usar los motores a velocidades variables sin disminuir mayormente su eficiencia, con lo que ahora estos motores conectados a estos equipos permiten ser usados en aplicaciones especiales.

Estos dispositivos forman parte de la familia denominada Drivers en AC (AC Drives), la cual está constituida por otros equipos para comando de motores de corriente alterna, tales como Partidores Suaves, que se emplean sólo para la partida y parada de los motores, y no para modificar la velocidad en régimen permanente.

### **2.12.1 Principio de funcionamiento.**

En definitiva, estos dispositivos entregan voltaje y frecuencia variable conforme a la necesidad del motor y la carga a él conectada. Para tal efecto, toma la alimentación eléctrica de la red, cual tiene voltaje y frecuencia fija, la transforma en un voltaje continuo (Rectificador más Filtro) y luego lo transforma en voltaje alterno trifásico de magnitud y frecuencia variable por medio de un Inversor. Contando sólo con esta última etapa (Inversor) es posible también alimentar estos motores a partir de un suministro de corriente continua (por ejemplo, baterías). También se puede contar con un rectificador monofásico de modo de poder alimentar un motor trifásico a partir de una fuente de alimentación monofásica.



La forma de onda del voltaje de salida en estricto rigor no es una senoide perfecta, toda vez que entregan una señal de pulso modulada a partir de una frecuencia de conmutación alta. En todo caso con los equipos actuales, donde podemos encontrar frecuencias de conmutación del orden de los 50 KHz, los contenidos de armónica son bastante bajos, por lo que agregando filtros pasivos cumplen las exigencias normativas impuestas por muchos países.

La relación frecuencia voltaje es configurada por el usuario según la aplicación, siendo las más usuales una relación lineal, cual produce un torque constante en todo el rango de velocidad, ó una relación cuadrática, la que el torque disminuye a medida que baja la velocidad.

En definitiva, conforme a la consigna de frecuencia que se le otorgue al equipo, la cual puede ser un comando en el mismo equipo o una señal externa, se entregará al motor un voltaje de magnitud según la relación  $V/F$  configurada y de frecuencia conforme a la consigna. Esto hará que el motor gire a una velocidad proporcional a la frecuencia.

### **2.12.2 Funciones adicionales.**

Los equipos que se fabrican en la actualidad aprovechan de incorporar varias funciones adicionales, como las protecciones al motor y funciones de control para distintas aplicaciones, como controles PID y controles lógicos y secuenciales. Para permitir estas funciones encontraremos en estos dispositivos una gran cantidad de terminales de control para conectar entradas y salidas digitales y análogas, puertas de comunicación de datos y una gran cantidad de parámetros de configuración.





### 2.12.3 Selección de un variador.

Siempre que estamos hablando de un CF, debemos tener presente que sólo estamos hablando de la tercera parte del sistema; el motor también debe ser estudiado durante este proceso (no es el objeto de este artículo, pero es tan importante como lo aquí detallado). La mejor y más sencilla manera de hacer una correcta selección es a través de preguntas simples, pero con respuestas complejas.

- a) ¿Qué hace la máquina? Las cargas son clasificadas dependiendo del comportamiento de su torque en función de la velocidad. En general, tenemos: Torque constante: Extrusoras, trefiladoras, compresores reciprocantes, bandas transportadoras Torque lineal: Prensas, calandras Torque cuadrático: Bombas centrífugas y ventiladores Torque hiperbólico: Máquinas bobinadoras y desembobinadoras Torque indefinido: Mesas alimentadoras Para efectos de selección de motor y de variador de velocidad, la gran mayoría de aplicaciones son consideradas como cargas de torque constante. Mientras que sólo las bombas (de agua potable) y ventiladores son considerados como torque cuadrático (también definido coloquialmente como variable o parabólico).
- b) ¿Es una modernización a la aplicación actual o es un proyecto nuevo? De manera electrónica, el CF logra aplicar al motor frecuencias desde 0.1 Hz hasta 200 Hz sin mayor problema. En muchos procesos la limitación no es el drive, sino el motor, el sistema de transmisión o posiblemente el proceso mismo. Algunas cargas no soportarán el uso de variadores de velocidad en todo el rango de velocidad que el CF puede dar;



en estos casos, es importante ver los detalles y tomar las precauciones adecuadas (generalmente cambios mecánicos en la máquina).

- c) ¿Es estrictamente necesario controlar la velocidad del equipo? Algunos textos o fuentes de información catalogan el CF como un método más de arranque de motores. Esto es correcto: es un buen método de arranque, pero su uso no debe ser indiscriminado. En frente a métodos de arranque convencionales como el arranque directo, el arranque estrella triángulo y el arranque por auto-transformador, tiene ventajas inobjetables, como son la disminución de la corriente de arranque y la mejora del factor de potencia; aspectos conducentes a aumentar la estabilidad de las redes. Esto sumado a que el motor puede desarrollar torques de arranque altos, indicaría que es la mejor selección. Debe recordarse que el desarrollo tecnológico de la electrónica de potencia, también ha introducido a la industria el arrancador electrónico suave (SS por sus siglas en inglés: SoftStarter), hoy en día un dispositivo de control digital capaz de realizar arranques y paradas suaves eléctrica y mecánicamente. No hay una regla clara al respecto, pero podemos anotar que durante la decisión de utilización de un CF o un SS, deben evaluarse varios aspectos técnicos de los indicados en este texto; y los económicos también deberán tenerse en cuenta.

- d) ¿Cuál es el rango de variación de velocidad? Superado el punto anterior, pasamos a otro igualmente importante, que definirá fundamentalmente el tipo de control que el CF aplicará al motor para controlar la velocidad. Cuanto más grande sea este rango, mayor cuidado deberá tenerse en el motor. Abajo del 50% de la velocidad nominal el motor



estándar reduce su capacidad de refrigeración por disminuir el caudal de aire: si la carga asociada es estrictamente de torque constante, muy posible se hará necesario dar al motor un medio de ventilación independiente de su eje. Abajo del 10% de la velocidad nominal, el torque producido por el conjunto drive-motor se ve reducido en drives convencionales que solo ofrecen control escalar. Los CF de tecnología más avanzada ofrecen control vectorial, mediante el cual el CF sabe por cálculo o por medición directa la necesidad de torque dependiendo del requerimiento de la carga.

- e) ¿Cuál es el ciclo de trabajo? Punto a considerar de manera simultánea con el anterior. Es usual oír que por debajo del 50% de la velocidad nominal se requiere uso de ventilación forzada en el motor. También es usual oír que por debajo del 10% de la velocidad nominal el motor debe llevar encoder (el CF debe tener la opción de realizar control vectorial en lazo cerrado) para garantizar un perfecto control y gran precisión. Realmente estos dos detalles dependerán del ciclo de trabajo. Esto es: cuánto porcentaje del tiempo total de operación estará el motor a una determinada velocidad. Debe compararse el torque del motor contra el torque de la carga y evaluar contra el ciclo de carga: no hay otra forma de determinar la utilización de estos accesorios. En este punto hay que determinar con la mayor precisión posible cuál será el comportamiento dinámico del sistema completo, incluyendo motor, sistema de transmisión y carga asociada: los tiempos de aceleración, tiempos de desaceleración, torque de arranque de motor, tipo de transición de torque desde motor hacia carga, etc. No todas las cargas se comportan igual; a pesar de que los CF's tienen muchas capacidades por firmware y software, no todas estas son aplicables a todas las



cargas de manera simultánea. Por ejemplo, no es usual que un sistema de velocidad variable se aplique a una bomba centrífuga y se pretenda bajar la velocidad por debajo del 70% de su velocidad nominal, ni subir la velocidad por encima de su velocidad nominal. Velocidades más bajas traen como consecuencia presiones muy bajas y cero conducción de fluido, con el consecuente daño mecánico de la bomba; velocidades muy altas traen como consecuencia una sobrecarga elevada en motor, con la inmediata consecuencia de salida de funcionamiento del sistema completo por sobrecorriente o sobrecarga.

- f) ¿Cuáles son los datos nominales del motor? Hablando de motores eléctricos, es una costumbre referirse a ellos solamente relacionando la potencia. Yendo más a fondo, hay que tener en cuenta los siguientes parámetros de motor: Potencia en kilovatios (Kw) o en caballos de potencia (HP) Tensión nominal en voltios (V) Frecuencia nominal en ciclos por segundo (Hz) Corriente nominal en amperios (A) Velocidad nominal en revoluciones por minuto (rpm) El dato de potencia en un CF es indicativo y generalmente está relacionado con un motor estándar de 2 ó 4 polos. Motores especiales, o motores de 6 ó más polos tienen menores niveles de eficiencia y factor de potencia; con un valor de corriente generalmente mayor. Siempre debe hacerse la selección de manera que la corriente del variador de velocidad sea superior a la corriente nominal del motor. Como se indica en otras partes del presente artículo, hay un capítulo aparte para la correcta selección de motor; pero son especialmente importantes el torque de partida nominal y el torque máximo. De esta forma se logra un proyecto casi completo.



g) ¿Cuáles son los datos nominales de la red eléctrica? En nuestro mercado las principales tensiones en redes industriales en baja tensión son 220 V, 440 V, 460 V. Otros niveles de tensión son utilizados, pero no son tan comunes. El motor jaula de ardilla fácilmente puede tener un diseño interno que mediante un arreglo determinado de los cables puede ser conectado en tensiones 220 V ó 440 V. Por la manera en que está construido un variador de velocidad no puede conectarse indistintamente en cualquiera de las redes indicadas previamente. Se consiguen usualmente equipos con rango de tensión de 200 a 240 V, de 220 a 230 V, de 380 a 480 V ó de 575 a 690 V (este último casi no aplicable en Colombia). También debemos recordar que para niveles de potencia superiores (por encima de 500 HP), los motores tienden a ser especificados en media tensión, es decir, 4160 V. Cuando se piensa en estos niveles de tensión, lo más importante es encontrar un conjunto drivemotor que nos ofrezca amigabilidad, flexibilidad, eficiencia y confiabilidad. Las redes en Europa y en otros países son en 50 Hz y algunas muy pocas industrias en Colombia también tienen sus sistemas eléctricos en 50 Hz. Las redes en Estados Unidos, Centro y Suramérica son en 60 Hz. Otra más de las ganancias con el uso de los variadores de velocidad es la posibilidad de utilizar máquinas diseñadas para redes de 50 ó 60 Hz, en redes con la otra frecuencia nominal, pues el CF puede dar en la salida una tensión y frecuencia diferentes de la tensión y frecuencia de entrada (red).

h) ¿Cómo son las condiciones medioambientales? Al igual que los motores eléctricos convencionales, los variadores de velocidad tienen un sistema de refrigeración que depende del



aire de ventilación. De esta manera, las condiciones de altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente afectarán positiva o negativamente la refrigeración del variador. Usualmente deberá hacerse una disminución de potencia efectiva del equipo si se sobrepasan las condiciones de norma (1000 msnm y 40°C). También tenemos otros aspectos asociados como son las características propias del aire ambiente. Dentro de estas podemos mencionar: Polvo magnético Polvo conductivo Humedad Área clasificada En la gran mayoría de los casos, los variadores de velocidad deberán ser instalados dentro de tableros o gabinetes que deberán cumplir unas características mínimas. Para que el equipo tenga un funcionamiento libre (en lo posible) de errores “fatales” las recomendaciones del fabricante deben seguirse detalladamente según el manual de usuario.

- i) ¿Cómo será controlado y monitoreado el equipo? Desde la operación manual hasta la integración con un sistema superior de control como un PLC o un DCS, el CF está en capacidad de responder. Dependiendo de cuántas órdenes queremos que el equipo reciba y ejecute; y de cuántas variables sea necesario monitorear del equipo y del proceso, será considerada la cantidad de I/Os del equipo. Mediante las entradas digitales (contactos abiertos o cerrados) se da al CF órdenes tales como: habilitación general de funcionamiento, marcha/paro con selectores, marcha/paro con pulsadores, cambio de sentido de giro (posible en un CF sin necesidad de contactores), marcha en velocidades predeterminadas (tener en cuenta cuántas se requerirán), marcha en velocidad de prueba, indicación de error externo, selección de lugar de control, control de velocidad del tipo de potenciómetro





electrónico, activación de controlador PID, entre otras. Los CF modernos tienen 4 ó 6 DI, siendo posible ampliar este número con el uso de tarjetas expansoras de entradas. Las entradas analógicas (señales de 0 a 10 V DC o de 0 a 20 Ma DC) son usadas para dar referencia de velocidad al CF. Esta referencia puede provenir sencillamente de un potenciómetro industrial, como también de un PLC o directamente de un transductor de alguna variable de proceso: presión, caudal, nivel, temperatura, humedad relativa, masa, velocidad lineal, etc. En el caso del controlador PID interno, esta señal será considerada como valor real. Es común encontrar CF con 1 AI ó 2 AI; también es posible ampliar este número con tarjetas expansoras. Las salidas de relé o salidas digitales tienen el objetivo de visualizar el estado del CF así como ciertos eventos que se quiere visualizar o indicar al sistema superior. Las siguientes son las indicaciones que generalmente se pueden dar a través de estas salidas: convertidor listo, en marcha, con error, velocidad real igual a una velocidad predeterminada, velocidad real superior/inferior a una velocidad predeterminada, torque igual a un torque predeterminado, torque superior/inferior a un torque predeterminado. La cantidad de Ros y Dos del equipo varía dependiendo de la línea de CF, pero también puede ser expandible. Las salidas analógicas son proporcionales a ciertas variables del CF. Es posible dar indicación a mandos externos de los siguientes parámetros: corriente de convertidor, velocidad de referencia, velocidad de salida, tensión en el circuito intermedio, tensión aplicada a motor, potencia de salida, torque de salida, variable proporcional a la velocidad (variable de proceso: no directamente sino por proporcionalidad a la velocidad de salida), etc. Un ejemplo muy sencillo del uso de las I/Os es el siguiente: supongamos



que tenemos un PLC que antes de dar marcha al motor, requiere saber si el CF está listo; además, para controlar la velocidad sobre la velocidad mínima, requiere que el CF le indique que está en marcha. Encadenamos así: si el CF está listo, activa una RO, que se realimenta al PLC; el PLC recibe esta indicación y envía una señal de marcha al CF que llega como una DI; el CFW ejecuta su acción de marcha y activa una RO con la indicación de que está en marcha; el PLC recibe esta realimentación y da orden de cambiar la velocidad mediante la modificación de una salida analógica que se convierte en entrada analógica para el CF. También es posible llevar al PLC la indicación, por ejemplo, del nivel de corriente del equipo, para que ante un aumento súbito, sea el PLC quien tome la decisión de qué hacer. A estas señales I/Os las clasificamos en general con el nombre de recursos de control. El éxito en la utilización de estos recursos está en la pericia del programador para utilizarlas al máximo. En ocasiones es posible hacer una buena configuración con las I/Os de un CF básico, pero para ello es necesario conocerlo muy bien. En caso de limitación en estos recursos, queda la opción de complementar ciertos comandos con controles convencionales, como pulsadores con retención, electores externos, acción directa sobre contactores o interruptores asociados.

## **2.13 Normas Internacionales**

### **2.13.1 NORMA ISA – S5.1 – 84**

Esta norma en especial es la encargada de proponernos la nomenclatura para la identificación de los cada uno de los instrumentos de un proceso.

Esta norma no es de uso obligatorio, pero se recomienda trabajar con ella debido a que en nuestro país esta es la norma mas usada. En la tabla 1 nos propone una identificación de letras para cada tipo de proceso y su respectivo significado en un primer orden, en el segundo orden, tercer orden y un cuarto orden. La misma norma nos sugiere que el número de letras utilizadas debe ser mínimas y no exceder de un número total de cuatro letras.

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

Tabla 03 Letras de Identificación



### 2.13.2 Norma ISA – S5.3



El objeto de esta norma es documentar los instrumentos formados por ordenadores, controladores programables, miniordenadores y sistemas con microprocesadores que disponen de un control compartido, visualización compartida y otras características de interface. Los símbolos representan la interface con los equipos anteriores de la instrumentación de campo, de la instrumentación de sala de control y de otros equipos de hardware.

En la Tabla 4 mostramos los símbolos de identificación más usados dentro de la automatización tomado como referencia la norma ISA – S5.3.

Dentro de los símbolos más usados tenemos:

1. Símbolos de visualización del control distribuido/compartido.
  - Accesible Normalmente al operador –  
indicador/controlador/registrador/ registrador o punto de alarma.
  - Dispositivo de interface auxiliar del operador
  - No accesible normalmente al operador.
2. Símbolos del Ordenador
  - Utilizado cuando los sistemas incluyen componentes identificados como ordenadores, diferentes de un procesador integral que exista las varias funciones de un sistema de control distribuido. El componente ordenador puede ser integrado en el sistema, via red de datos, o puede ser un ordenador aislado.
3. Símbolos del controlador lógico y secuencial.

4. Símbolos de Funciones internas del sistema (cálculo y/o acondicionamiento de señal).
5. Símbolos Comunes (Red del sistema).

SÍMBOLO	DESCRIPCION
	CONTROL PLC
	FUNCION DEL SISTEMA DE CONTROL
	INSTRUMENTO – MONTADO LOCALMENTE
	INSTRUMENTO – MONTADO EN PANEL FRONTAL
	INSTRUMENTO – 2 VARIABLES O DOBLE FUNCION
	INSTRUMENTO – MONTADO EN PANEL DE CAMPO

*Tabla 04 Símbolos de Identificación*

### 2.13.3 Norma Nema

La National Electric Manufacturers Association (NEMA) es una organización de normalización en Washington, EE.UU., que publica una serie de estándares técnicos, ella misma no ensaya ni certifica productos.

Una de las normas más usadas es la de protección de los equipos contra influencias externas, es decir, nos da un grado de protección contra el polvo, agua, presión, aceite, líquidos corrosivos, etc.

Entre las normas más usadas dentro de un proceso minero tenemos la norma Nema 2, que nos da un grado de protección



contra la suciedad, goteo ligero y la pulverización ligera de líquidos y nos recomienda que la instalación de estos equipos se hagan en interiores; la norma Nema 4, nos indica que el equipo puede ser instalado tanto en interiores como en exteriores y nos proporciona un grado de protección, además de las mencionadas en la norma Nema 2, contra la lluvia, la nieve, el granizo y contra la salpicadura de agua.

La Norma 4X, talvez sea, dentro de este grupo de normas, la más usada, porque nos da un grado de protección, además de las mencionadas en la norma Nema 4, contra líquidos corrosivos. Para finalizar, tenemos la Norma 6P que nos da un grado de protección, adicionales a la Norma 4X, contra inmersiones ocasionales.

En la tabla Nro. 5 se encontrará un cuadro donde se puede identificar y aplicar fácilmente la norma NEMA.

<b>Interpretación NEMA de los tipos de armarios para lugares de ubicación exentos de peligro</b>											
Garantía de cierta protección contra las siguientes influencias ambientales:	Tipo NEMA										
	1	2	3	3R	4	4X	5	6	6P	12	13
Contacto fortuito con el equipo del armario	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Montaje en el interior	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Montaje en el exterior			●	●	●	●		●	●		
Expuesto a suciedad	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Goteo, ligera pulverización de líquidos		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Lluvia, granizo*, nieve			●	●	●	●		●	●		
Ambiente con partículas de polvo, linteres, fibras o polvo de algodón			●		●	●		●	●	●	●
Depósitos de polvo, linteres, fibras o polvo de algodón			●		●	●	●	●	●	●	●
Formación en el exterior de hielo*			●	●	●	●		●	●		
Rociado y salpicaduras de agua					●	●		●	●		
Filtración de aceite y refrigerante										●	●
Salpicaduras de aceite y refrigerante											●
Líquidos corrosivos						●			●		
Inmersiones breves ocasionales								●	●		
Inmersiones largas ocasionales									●		

\* No se exige que los mecanismos de servicio externos trabajen cuando el armario está cubierto con nieve.

*Tabla 05 Interpretación de la Norma NEMA*



#### **2.13.4 Norma IP**

La Norma Nema, es también conocida como la Norma Americana y la Norma IP no es otra cosa que la alternativa pero en norma Europea. La Norma IP nos ofrece casi los mismos grados de protección.

Así tenemos que la alternativa a la Norma Nema 2 es la Norma IP53, la alternativa a la Norma Nema 4, tenemos la Norma IP55. La alternativa para la Norma Nema 4X, es la Norma IP66 y para la Norma Nema 6P, tenemos como alternativa la Norma IP68.

En la tabla Nro. 6 encontrara un cuadro donde se puede identificar y aplicar fácilmente la norma IP.



<p><b>La marcación del grado de protección IP se realiza mediante 2 números de referencia.</b></p> <p>Ejemplo para la indicación de un grado de protección: <b>IP 4 4</b></p> <p>Letra indicadora _____</p> <p>Primer número de referencia _____</p> <p>Segundo número de referencia _____</p>					
Grados de protección para la protección contra contactos y cuerpos extraños primer número de referencia			Grado de protección contra agua segundo número de referencia		
1er nº	Alcance de la protección	Definición	2º nº	Alcance de la protección	Definición
0	Sin protección	—	0	Sin protección	—
1	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 50 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 50 mm de diámetro no debe penetrar por completo*)	1	Protección contra goteo	El goteo vertical no debe tener efectos nocivos.
2	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 12,5 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 12,5 mm de diámetro no debe penetrar por completo*) El elemento de ensayo articulado puede penetrar hasta 80 mm, aunque manteniendo una distancia suficiente.	2	Protección contra goteo, en caso de inclinación de la caja en hasta 15°	El goteo vertical no debe tener efectos nocivos, en caso de inclinación de la caja inclinada en un ángulo de hasta 15° con relación a la plomada.
3	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 2,5 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 2,5 mm de diámetro no debe penetrar en absoluto*)	3	Protección contra pulverización de agua	La pulverización de agua en un ángulo de hasta 60° a ambos lados con relación a la plomada, no debe tener efectos nocivos.
4	Protección contra cuerpos extraños sólidos de 1,0 mm de diámetro y superior	La sonda esférica de 1,0 mm de diámetro no debe penetrar en absoluto*)	4	Protección contra salpicadura de agua	La salpicadura de agua desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.
5	Protección contra el polvo	La penetración de polvo no se impide completamente, pero éste no debería penetrar en cantidades que pudieran perjudicar el funcionamiento o la seguridad del aparato.	5	Protección contra agua proyectada a presión	El chorro de agua contra la caja desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.
6	Estanto al polvo	No hay penetración de polvo en la caja a una baja presión de 20 mbar	6	Protección contra fuertes proyecciones de agua	El chorro de agua contra la caja desde cualquier dirección no debe tener efectos nocivos.
*) Observación: El diámetro total del objeto usado como sonda no debe poder penetrar por una apertura de la caja.			7	Protección contra los efectos de inmersión en agua durante un tiempo determinado	El agua no debe penetrar en cantidades perjudiciales, cuando se sumerja la caja en el agua, bajo condiciones de presión y tiempo determinados.
			8	Protección contra los efectos de inmersión permanente en agua	El agua no debe penetrar en cantidades perjudiciales, cuando se sumerja la caja permanentemente en agua y bajo condiciones a determinar por el fabricante y el usuario. No obstante, las condiciones deberían ser más extremas que para el número de referencia 7.

**Tabla 06 Interpretación de la Norma IP**



## **Capítulo 3**

# **ESTUDIO DE LA REALIDAD ACTUAL DEL SISTEMA DE IZAJE PREVIO A LA AUTOMATIZACIÓN**



### **3.1 INTRODUCCIÓN:**

Actualmente la Unidad Minera Americana es un gran productor polimetálico ubicado en la Sierra Central del Perú. Cuenta con 03 unidades mineras distribuidas a lo largo del territorio peruano y una refinería de Plata ubicado en el distrito de Huachipa – Lima.

Dentro de la Unidad Minera Americana se encuentra la Compañía Minera Casapalca la cual tiene como objetivo extraer 160 000 Tn/Día y Procesar 7 500 TMSD (Toneladas métricas secas diarias).

El desarrollo de la industria minera en el país y la introducción de nuevas tecnologías han hecho que las empresas mineras tengan la necesidad de ir a la vanguardia con el progreso, automatizando de manera integral en su extracción de la materia prima como en cada proceso de su planta concentradora.

Uno de los procesos más importantes de la compañía minera Casapalca es la extracción del mineral por Piques Verticales y están conformado por:

- Pique 650: Tiene como objetivo extraer una producción del 80 % de todo el Mineral diariamente, cumpliendo con los izaje de los servicios e inspecciones diarias.

Es importante recalcar que si el sistema de extracción se paraliza, no se logra llegar a la meta de producción diario, ocasionando paralización en los sistemas de acarreo en interior mina y superficie (transporte del mineral hacia planta concentradora), así mismo perdidas económicas horas hombre.

### **3.2 PROCESO DE IZAJE POR PIQUES VERTICALES:**

El proceso de extracción de mineral por piques verticales se sintetiza en:



- **ACARREO DEL MINERAL EN NIVELES INFERIORES.**

El mineral es transportando por Damper's desde la zona de explotación hacia los rompe bancos quienes tienen una parrilla para bancos de una glunometria de 30 cm X 30 Cn; luego la materia prima es pasada por gravedad hacia la chancadora para luego a través de faja transportadoras vaciarlos a los bolcillos del pique

- **CARGUIO DE SKIPS (VALDES) EN LOS NIVELES INFERIORES).**

En los Nv.10 y Nv.14 ubicados a una distancia de 600 mts y 800 mts respectivamente de la superficie, se encuentran ubicados los pocket de carguío los cuales están conformado por accionamientos electrohidráulicos y operados por dos personas.

- **IZAJE DE SKIPS.**

El sistema de Izaje se realiza a una velocidad de 1200 Pies/minuto, realizando un ciclo de operación de 21 skips/hora.

- **DESCARGA DE LA MATERIA PRIMA.**

Ubicado en superficie se encuentra los pocket electrohidráulicos de mineral y desmonte para la descarga del mineral para luego ser trasportado por volquetes a planta concentradora.



## DIAGRAMA DE PROCESO DEL SISTEMA DE ÍZAJE EN PIQUE VERTICAL.

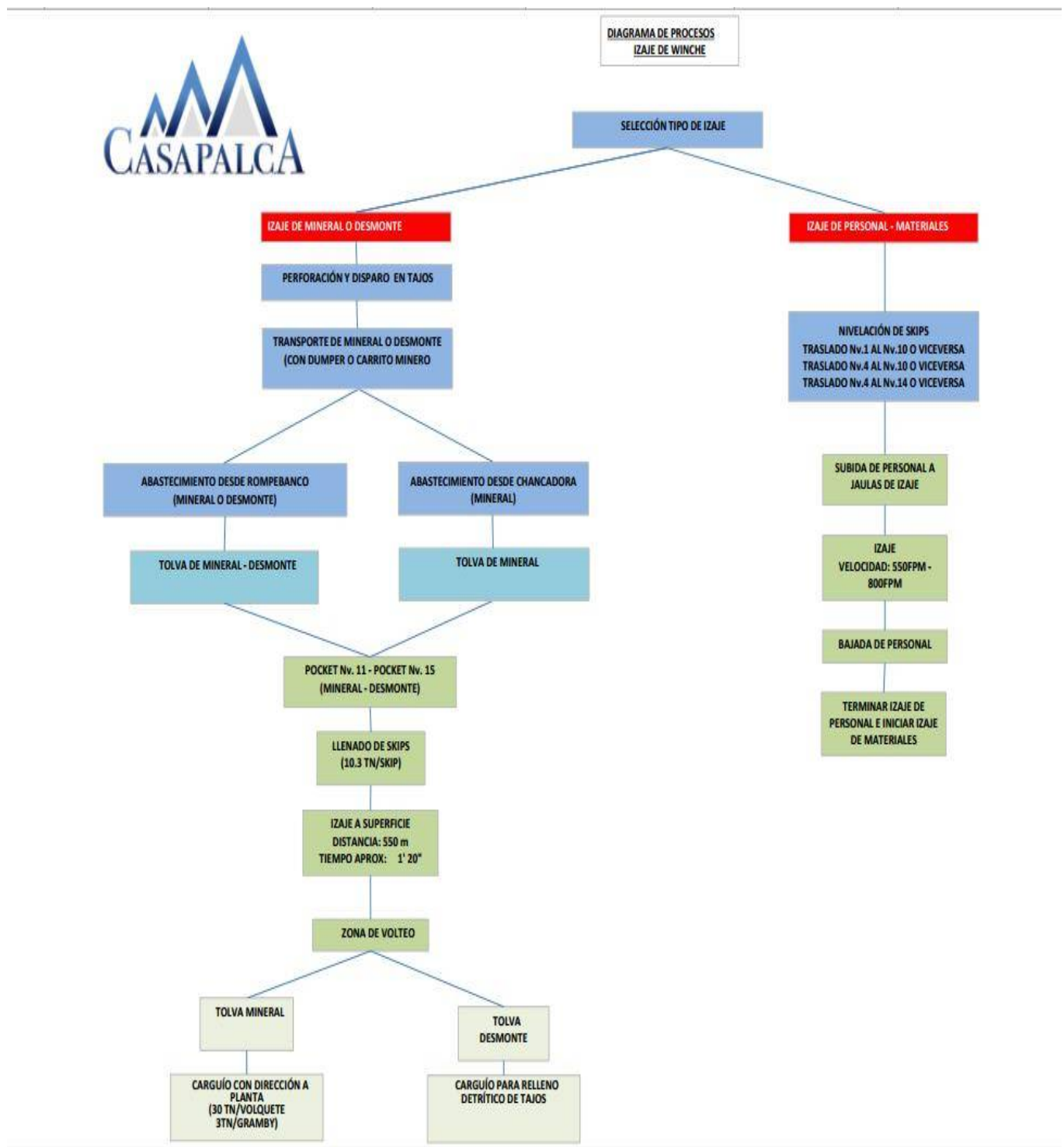


Figura 41



En la actualidad el sistema de izaje en el Pique 650 no garantiza una disponibilidad operativa en un 90% debido a los problemas frecuentes tales como:

- Consumo excesivo de la energía eléctrica.
- Paralizaciones frecuentes en los sistemas eléctricos y mecánicos.
- Paralización por campaneos de la carga.
- Estrellamiento de los skips por cansancio operativo.
- Limitación en el aumento de la velocidad en el izaje de mineral.
- Mantenimientos correctivos Frecuentes, etc

En conclusión, el sistema de izaje cuenta con muchas deficiencias y las soluciones serán expuestas en el presente informe de tesis.

### **3.3 CONSUMOS Y PARÁMETROS ACTUALES DEL SISTEMA DE IZAJE.**

#### **3.3.1. REPORTE DE CONSUMO DE ENERGÍA MENSUAL DEL PIQUE.**

En los gráficos se puede observar los parámetros eléctricos antes y después de la automatización

##### **3.3.1.1. Consumo de energía vs Ciclo de izaje.**

- Ciclo de izaje: 1 minuto 9 segundos efectivo.
- Corriente eléctrica en el Pico de arranque: 2126 amperios
- Potencia de arranque: 1.4 Mwatts.
- Profundidad de izaje: 600 mts



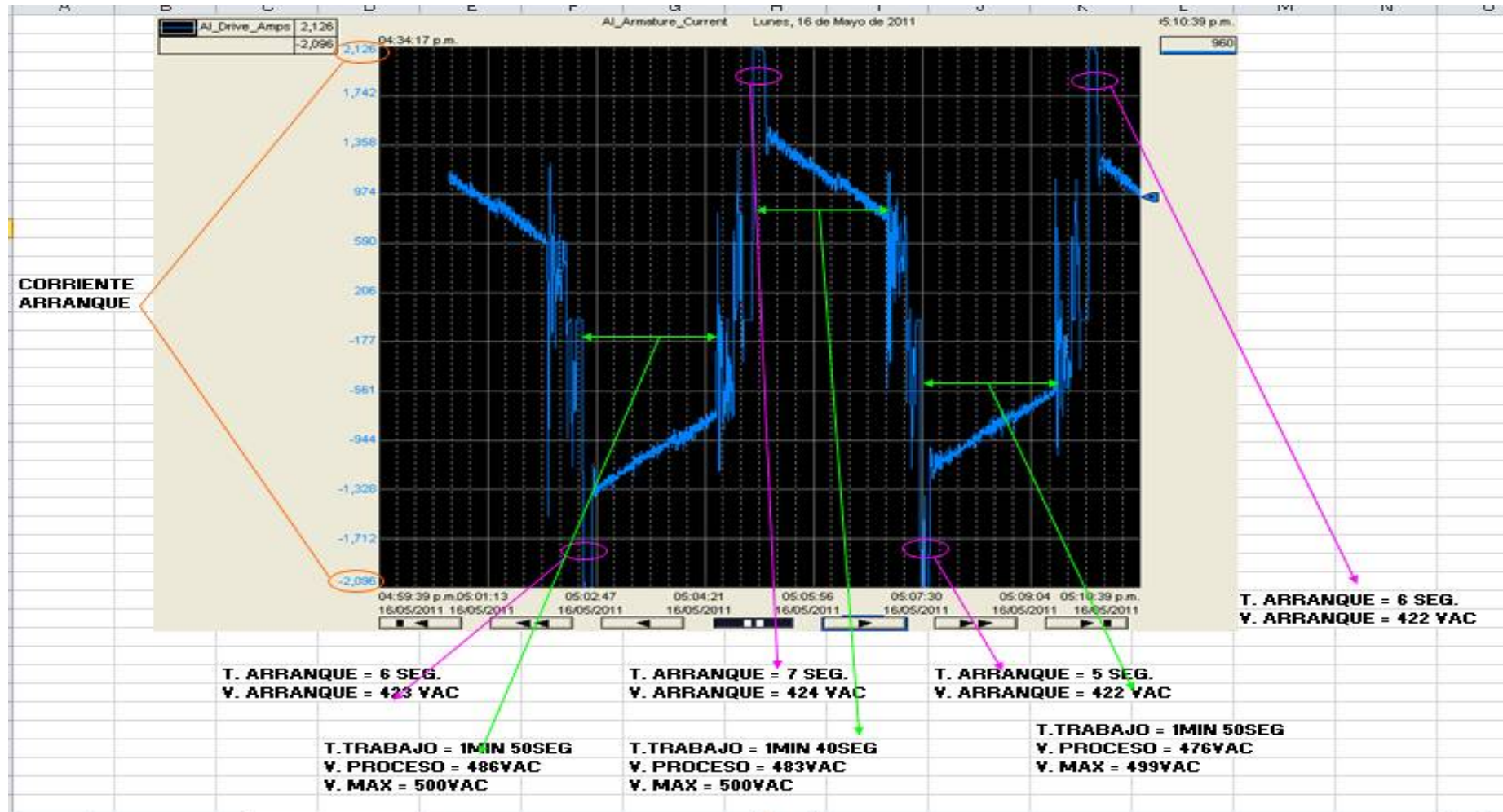


Figura 42

### 3.3.2 Reporte de Paradas no Programadas del Pique.

En los gráficos se puede observar la producción total del mes vs paralizaciones por mantenimientos correctivos y preventivos.

#### 3.3.2.1 Producción vs paralizaciones antes de la automatización – Año 2011.

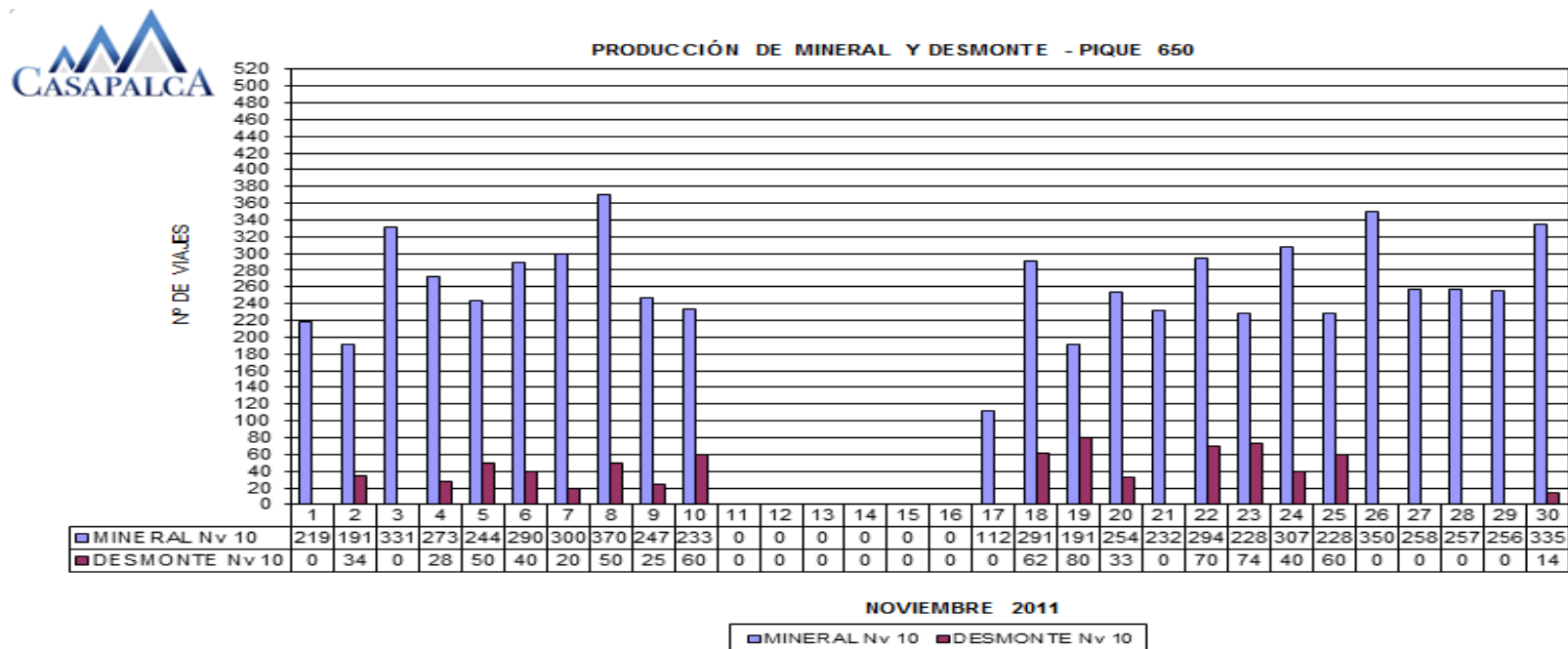


Figura 43

## MANTENIMIENTO WINCHE CIR 120X78 - PIQUE 650 - NOVIEMBRE 2011

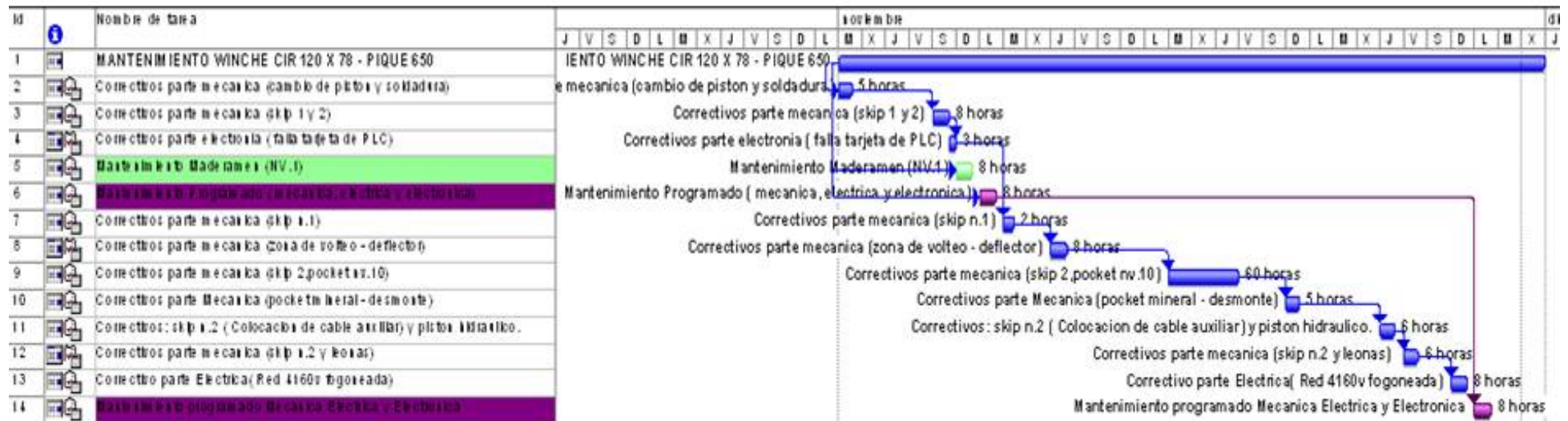


Figura 44



## Capítulo 4

# DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se describirá el funcionamiento de nuestro sistema de control automático de un winche de doble tambora para un pique rectangular, para ello se estudiará los nuevos parámetros de operación, producción diaria y profundidad de izaje para poder estudiar las nuevas variables que intervendrán en el proceso de selección; así como la instrumentación necesaria para lograr éste control. Además, se ilustrarán: Diagrama P&ID (Diagrama de tuberías e instrumentación), Arquitectura de Control del Sistema, Diagrama Unifilar del Tablero de Control, Diagrama Mecánico del Tablero de Control, Identificación de Señales de Control y Monitoreo. Asimismo, se realizará una descripción del software y datos de análisis.

#### 4.2. NUEVOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN:

Para poder alcanzar la demanda de producción diaria, se tiene que considerar los siguientes cambios en la operación del sistema de izaje y en función a ello seleccionar el nuevo accionamiento del sistema.

PARAMETROS INICIALES:	CANTIDAD	UNIDAD	OBSERVACIONES
Mineral	5535	Tn/día	Proyección en el año 2016
Desmonte	0	Tn/día	
Total	5,535	Tn/día	Mineral + Desmonte
Días laborables	29	días/mes.	Definido por el cliente
Horas netas de operación / turno	8.40	hrs / turno	Estimado por el cliente
Turnos / día	2.00		
Hrs. De operación neta/día	16.80	hrs./día	(# Hr. De Op./turno)x(# turnos/día)
Factor de utilización del winche.	70%		Definido por el cliente
Toneladas/Hr.	329.46	Tn/hr.	(# Tn/día)x(# horas/día)
Producción de mineral	160515.00	Tn/mes	(# Tn/día)x(# días/mes)
Producción de Desmonte	0.00	Tn/mes	(# Tn/día)x(# días/mes)
Producción total	160,515.00	Tn/mes	

Tabla 07



### 4.3. FÓRMULAS PARA CALCULAR DIAGRAMAS DE CARGUÍO CON WINCHES

#### DE IZAJE:

A continuación, se muestra la tabla 8, que contiene las fórmulas para calcular los Diagramas de izaje:

Periodo	Símbolo	Izaje no balanceado
Potencia de aceleración (máxima)	(1)	$+ \frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_a}$
Potencia de desaceleración (máxima)	(2)	$- \frac{W'v^2}{32.2 \times 102 \times t_b}$
Potencia en el comienzo de aceleración (equivalente)	(3)	$+ \frac{(w + w_r + w_s)v \operatorname{sen} \emptyset}{102}$
Potencia en la velocidad máxima en el final de la aceleración	(4)	$+ \frac{(w + w_r + w_s - w_a)v s}{102}$
Potencia en la velocidad máxima al principio de la desaceleración	(5)	$+ \frac{(w + w_s + w_b)v \operatorname{sen} \emptyset}{102}$
Potencia al final de la desaceleración (potencia equivalente)	(6)	$+ \frac{(w + w_s)v \operatorname{sen} \emptyset}{102}$
Potencia por fricción (promedio) para piques inclinados	(7)	$+ 7a + 7b + 7c$

Tabla 08

[1] Fórmulas para calcular diagramas de carguío en izajes con winches de tambor cilíndrico para piques verticales o inclinados (Gen Elec Co) – Cuadro modificado para unidades internacionales:

Para determinar los valores 7<sup>a</sup>, 7b y 7c del periodo (7), se muestran las fórmulas necesarias:

Componentes de Fricción:

Descripción	Símbolo	Fórmula
Potencia Fricción mecánica	7a	$+ \left( \frac{(w + w_s + 0.5w_r)v \operatorname{sen} \emptyset}{102} + 7b + 7c \right) \times \left( \frac{1 - E}{E} \right)$
Potencia Fricción de rodamiento	7b	$+ \frac{(w + w_s)v \times 0.02 \cos \emptyset}{102}$
Potencia Fricción de cable	7c	$+ \frac{w_r \times 0.10 v \cos \emptyset **}{102}$

Tabla 9

[1] Solamente al fondo del pique inclinado. El valor es cero al tope.

Para obtener estas potencias, es necesario antes definir los valores de las variables de la tabla 10, por lo que a continuación se muestra la lista de las nomenclaturas y sus respectivas descripciones:

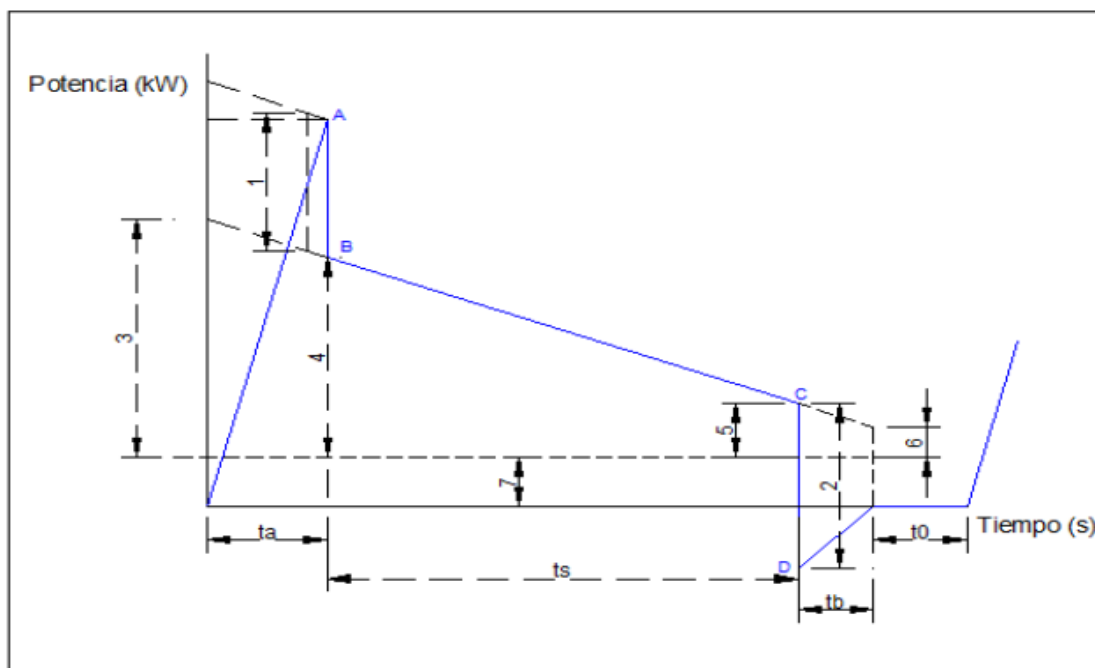
Nomenclatura	Unidad	Descripción
$w$	Kg	Masa del material a manipular
$w_s$	Kg	Masa de los vagones (carros mineros)
$w_r$	Kg	$Masa\ del\ cable = L \times peso\ lineal\ del\ cable$
$w_a$	Kg	Masa del cable enrollado durante la aceleración $= 0.5 \times (vt_a) \times peso\ lineal\ del\ cable$
$w_b$	Kg	Masa del cable enrollado durante la desaceleración $= 0.5 \times (vt_b) \times peso\ lineal\ del\ cable$
$w_{re}$	Kg	Peso total del cable $= w_r + masa\ cable\ enrollado$ $+ masa\ entre\ tambor\ y\ vagón$
$W_0$	Kg	Masa equivalente de las partes en movimiento (para operaciones balanceadas y no balanceadas), reducido al radio del tambor, incluyendo engranajes, tambores con embragues, poleas, pero no la armadura del motor
$W'$	Kg	Masa total del sistema de izaje $= w + w_s + w_{re} + W_0$
$v$	m/s	Velocidad máxima del cable
$t$	s	Tiempo de un viaje en un solo sentido, excluyendo paradas
$t_a$	s	Tiempo de aceleración
$t_b$	s	Tiempo de desaceleración
$t_s$	s	Tiempo de velocidad máxima
$t_0$	s	Tiempo de descanso
$L$	m	Trayectoria total del skip
$\theta$	Grados (°)	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal
$E$		Eficiencia del mecanismo

Tabla 10

[1] Nomenclaturas y descripciones de las variables de las formulas de la tabla 09

Aplicando las formulas se obtiene el diagrama de potencia para transporte y extracción en minas y cielo abierto desarrollado por Novitzky





#### 4.4. CALCULO DE LOS NUEVOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE IZAJE:

Utilizando las formulas indicadas en el capítulo anterior obtenemos los siguientes valores de operación del sistema:

##### PROCEDIMIENTO DETALLADO DEL CÁLCULO DE SELECCIÓN:

DESCRIPCION	ABREVIAT.	CANTIDAD	UNID.	OBSERVACIONES
1. Operación en balancín				
2. Profundidad	(D)	1,877	pies	
3. Carga útil del Skip	(SL)	22,716	lb.	
4. Peso del Skip	(SW)	13,449	lb.	6,100.00
5. Capacidad de izaje		329	ton/hr.	
6. Tiempo de aceleración	AT	10.38	sec.	
7. Tiempo de desaceleración.	DT	10.38	sec.	
8. Tiempo muerto (rest time)	(RT)	20.0	sec	
9. Eficiencia esacele – eléctrica	®	78%		
10. Tipo de cable		1.50	pulg.	51000Kg/MM2
11. Peso unitario del cable	(Rw)	3.9	lb/ft. .	Cable tipo Cobra 6x19
12. Peso total del cable suspendido	®	7318.90	lb.	
13. Velocidad del cable	(V)	22.83	ft/sec.	
14. Aceler. Y Desacel.	(A=D)	2.20	ft/sec2.	
15. Tiempo a veloc. Const.	(TFS)	71.81	sec.	
16. Tipo de motor	inducción		AC/DC	

Tabla 11



### PARÁMETROS DE CÁLCULO:

EEW:	Peso efectivo equivalente (Según ábacos)	183000	lb.
TSL:	Carga total suspendida =	247251	lb.
SLB:	Carga en la base del pique =	30959	lb.
SLT:	Carga en la cima del pique =	16321	lb.

Tabla 12

### CALCULO DE LAS POTENCIAS PARCIALES:

HP1:	Hp. Req. Para acelerar =	701	hp.
HP2:	Hp. Req. Para desacelerar =	-701	hp.
HP3:	Hp. Al inicio de la aceler. =	1,247	hp.
HP4:	Hp. a vel. Const. Al final de la acelerac. =	1,285	hp.
HP5:	Hp. A vel. Const. Al inicio de la desacel. =	678	hp.
HP6:	Hp. Al final de la desacel. =	639	hp.
HP7:	Factor de corr. De pot. Para =	266	hp.
	Una eficiencia dada del motor.		

Tabla 13

### CALCULO DE LA POTENCIA VS CICLO DE IZAJE:

A :	Potencia de aceler. Pico =	2,227	hp.
B :	Pot. A vel. Const. Al final de la aceleración =	1,551	hp.
C :	Pot. a vel. Const. Al comienzo de la desacel =	944	hp.
D :	Potencia de desaceleración =	217	hp.
HP8:	Pot. Req. Para acel. El rotor del motor =	154	hp.
HP9:	Pot. Req. Para desacel. El rotor del motor =	-154	hp.
E :	Pot. Total req. Para acel. El izaje y el motor =	2,381	
F :	Pot. Total req. Para desac. El izaje y el motor	62	hp.

Tabla 14

### CALCULO DE LA POTENCIA ELÉCTRICA A UTILIZAR:

Para un Winche con motor de inducción (AC), su potencia RMS se calcula mediante la siguiente relación:

$$RMS\ HP = \frac{E^2 \times AT + ((B^2 + C^2 + BC) \times TFS)/3 + F^2 \times Tr}{Ta/2 + TFS + DT/2 + RT/4} = \frac{172849970.98}{87.189}$$

<b>RMS HP =</b>	1,408	hp.	A NIVEL DEL MAR
	1,408	hp	PARA 3240 M.S.N.M. 100%

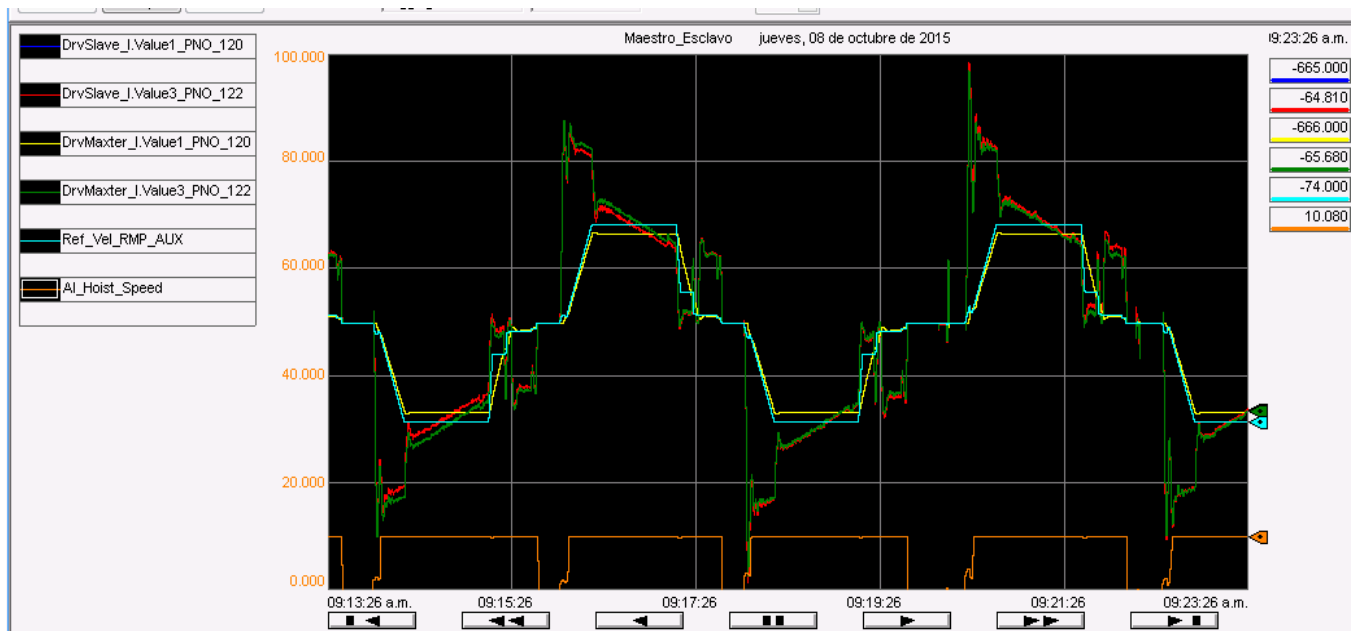
Tabla 15

**“En resumen la potencia a utilizar siguiendo el diagrama de transporte y extracción y a cielo abierto por Novitzky” es de:**

<b>10.30</b>	<b><i>Tn/skip</i></b>	<b>1,408</b>	<b><i>HP POTENCIA</i></b>
		<b>1,050</b>	<b><i>KW POTENCIA</i></b>
		<b>525</b>	<b><i>KW / Motor</i></b>
		<b>43.483</b>	<b><i>Rope Pull</i></b>

*Tabla 16*

### SIMULACIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS VS CICLO DE IZAJE:



*Figura 46*

- Ciclo de izaje: 1 minuto 85 segundos efectivo.
- Corriente eléctrica en el Pico de arranque: 800 amperios
- Potencia de arranque: 0.85 Mwatts.
- Profundidad de izaje: 600 mts



#### **4.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA:**

En el siguiente proyecto se utilizará para el control automático del Pique rectangular un PLC ControlLogix de la Marca Rockwell Automation y un sistema Scada Factory Talk View de 32 pantallas; los cuales se encargará de monitorear y controlar las variables que intervendrán en el proceso, así mismo la instrumentación seleccionada tendrá que poder monitorear los siguientes parámetros:

Las variables a monitorear y controlar son las siguientes:

- Medición de la velocidad de izaje.
- Medición del torque necesario para poder arrancar el sistema.
- Medición de la corriente al inicio del arranque.
- Control automático de apertura y cierre de los frenos
- Monitoreo de temperaturas del sistema.
- Aumento de la velocidad de izaje según placa del accionamiento.
- Monitoreo de la magnetización de los variadores hacia el motor.

##### **4.5.1 SELECCIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE ARRANQUE, CONTROL E INSTRUMENTACIÓN.**

En esta etapa de selección se deberá tener en cuenta la calidad, soporte técnico, robustez y experiencia en este tipo de aplicaciones.

##### **4.5.1.1 SELECCIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE ARRANQUE DEL SISTEMA DE IZAJE.**

Para poder cumplir con los parámetros de arranque del sistema, tomaremos como referencia los parámetros obtenidos en nuestra tabla 11 hasta la tabla 16, de cálculos de selección de la potencia vs ciclo de izaje, dichos parámetros también se consideraron para la selección de los siguientes equipos.

##### **4.5.1.1.1 Variador:**

- **Características principales**



## “AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”



Características	Ventajas	Notas
<b>Compacto y completo</b>		
Tamaño compacto, todo está integrado	Precisa menos espacio y tareas de instalación.	No deben instalarse componentes adicionales como reactancias de entrada o un filtro EMC.
Filtro de armónicos integrado en todos los accionamientos ACS800	Armónicos reducidos, lo que significa menos interferencias y un menor calentamiento de los cables y los transformadores. El filtro también protege al accionamiento de los transitorios en la parte de la red.	Para obtener el menor nivel de armónicos posible, los ACS800-31/-37/-37LC ofrecen una solución casi libre de armónicos.
Amplia gama de opciones disponible	Soluciones estándar ofrecidas por ABB que satisfacen la mayoría de las necesidades de los clientes.	Las soluciones adaptadas están disponibles en los ACS800-07/-17/-17LC/-37/-37LC.
Opciones de frenado versátiles	Siempre se dispone de la opción de frenado óptima. No se requiere un chopper de frenado externo, con lo que se reduce el tamaño y el coste de la instalación.	Chopper de frenado integrado en todos los bastidores (estándar/opcional). Frenado regenerativo en los ACS800-11/-17/-17LC.
<b>Interfaz de usuario</b>		
Interfaz de cliente accesible	Puesta en marcha y manejo sencillos y rápidos.	Pantalla alfanumérica clara con un Asistente de Puesta en Marcha que le guía por el procedimiento de arranque. Herramientas para PC fáciles de utilizar disponibles para la puesta en marcha, el mantenimiento, la monitorización y la programación.
Conexiones y comunicaciones versátiles	Las E/S estándar cubren la mayoría de los requisitos. Puede conectarse a los buses de campo utilizados comúnmente.	E/S amplias, opcionales y estándar.  Las E/S cumplen la norma PELV (EN 50178).
Amplia capacidad de programación	Flexibilidad. Es posible sustituir relés o incluso PLC en algunas aplicaciones.	Dos niveles de capacidad de programación: 1. Programación de parámetros (estándar) 2. Programación adaptativa (programación de bloques libres) - característica estándar - más bloques disponibles como opciones - todas las E/S son programables
<b>Diseño industrial</b>		
Amplio rango de potencia y tensión	Basta una sola serie de producto para todo, lo que conlleva menos formación y recambios y una interfaz estandarizada para los accionamientos.	
Amplia gama de armarios robustos disponible	Soluciones adecuadas disponibles para distintos entornos.	IP21 - IP54.
Resistente diseño del circuito principal	Adecuado para uso industrial intensivo.  Fiable. Pueden usarse cables de motor largos sin filtros de salida adicionales.	Componentes dimensionados para un trabajo pesado y una larga vida de servicio. El avanzado modelo térmico permite una elevada capacidad de sobrecarga.
Amplias protecciones	Mayor fiabilidad, menos interrupciones del proceso. Posibilidad de proteger también motores y procesos.	Diversos límites ajustables para proteger también otros equipos.
Aislamiento galvánico de las E/S	Funcionamiento seguro y fiable sin aisladores y relés independientes.	Señales de entrada aisladas y salidas de relé como estándar.
Todos los terminales se han diseñado para uso industrial	Tamaño adecuado incluso para cables de aluminio grandes. No se requieren herramientas especiales en el cableado de E/S.	
Aprobaciones a escala mundial: CE, UL, cUL, CSA, C-Tick, GOST R	Productos seguros que pueden utilizarse en cualquier lugar del mundo.	

El rendimiento adecuado para cada aplicación		
DTC, control estático y dinámico preciso de la velocidad y el par	Excelente control de procesos incluso sin encoder: mayor calidad del producto, productividad, fiabilidad y menor coste de inversión.	
DTC - permite una elevada capacidad de sobrecarga y proporciona un elevado par de arranque	Arranque fiable y suave sin sobredimensionar el accionamiento.	
DTC, control rápido	Sin interrupciones del proceso ni disparos innecesarios.	La rápida reacción a las variaciones de la carga o la intensidad impide los disparos. Funcionamiento con cortes de la red empleando la energía cinética de la carga.
DTC, optimización de flujo y modelo de motor sofisticado	Excelente rendimiento del motor y el accionamiento, ahorro de costes.	El flujo óptimo en el motor reduce las pérdidas.
DTC, respetuoso con la mecánica	La menor tensión ejercida sobre la mecánica mejora la fiabilidad.	Sin variaciones extremas del par. Sin fluctuaciones del par, riesgo mínimo de vibraciones de torsión. Amortiguación activa de oscilaciones.
DTC, control de la alimentación de red	Alto rendimiento y control robusto en la unidad de alimentación activa.	Válido para ACS800-11/-17/-17LC.
Made in ABB		
Un líder mundial en el mercado de los accionamientos de CA, de dilatada experiencia.	Soluciones contrastadas, seguras y fiables.  Experiencia en aplicaciones.	
Red mundial de servicio y asistencia	Asistencia profesional disponible en todo el mundo.	

### ➤ Selección del Variador, de acuerdo a los parámetros eléctricos

Especificaciones nominales		Uso sin sobrecarga	Uso en sobrecarga ligera	Uso en trabajo pesado		Nivel de ruido	Disipación de calor	Flujo de aire	Código de tipo	Tamaño de bastidor
$I_{cont. max}$ A	$I_{max}$ A	$P_{cont. max}$ kW	$I_N$ A	$P_N$ kW	$I_{hd}$ A	$P_{hd}$ kW	dB(A)	W	m³/h	
<b><math>U_N = 690</math> V (rango 525 a 690 V). Las potencias son válidas a tensión nominal (690 V).</b>										
57 <sup>1)</sup>	86	55	54	45	43	37	73	1,8	500	ACS800-17-0060-7 R6
79	120	75	75	55	60	55	73	2,4	500	ACS800-17-0070-7 R6
93 <sup>2)</sup>	142	90	88	75	71	55	73	2,8	500	ACS800-17-0100-7 R6
132	192	110	127	110	99	90	74	7	1300	ACS800-17-0160-7 R7i
150	218	132	144	132	112	90	74	8	1300	ACS800-17-0200-7 R7i
201	301	200	193	160	150	132	75	11	3160	ACS800-17-0260-7 R8i
279	417	250	268	250	209	200	75	12	3160	ACS800-17-0320-7 R8i
335	502	315	322	250	251	200	75	16	3160	ACS800-17-0400-7 R8i
382	571	355	367	355	286	270	75	17	3160	ACS800-17-0440-7 R8i
447	668	450	429	400	334	315	75	18	3160	ACS800-17-0540-7 R8i
659	985	630	632	630	493	450	77	32	6400	ACS800-17-0790-7 2xR8i
729	1091	710	700	710	545	500	77	33	6400	ACS800-17-0870-7 2xR8i
876	1310	900	840	800	655	630	77	36	6400	ACS800-17-1050-7 2xR8i
1112	1663	1120	1067	1120	831	800	78	48	10240	ACS800-17-1330-7 3xR8i
1256	1879	1250	1206	1200	940	900	78	51	10240	ACS800-17-1510-7 3xR8i
1657	2480	1700	1591	1600	1240	1200	79	67	12800	ACS800-17-1980-7 4xR8i
2321	3472	2300	2228	2300	1736	1600	79	94	17920	ACS800-17-2780-7 5xR8i
2460	3680	2500	2362	2400	1840	1800	79	99	19200	ACS800-17-2940-7 6xR8i



**Especificaciones nominales:**

$I_{cont.max}$	Intensidad nominal disponible continuamente sin capacidad de sobrecarga a 40 °C.
$I_{max}$	Intensidad de salida máxima. Disponible durante 10 segundos durante el arranque; en caso contrario, mientras lo permita la temperatura del convertidor. Nota: la potencia máx. del eje motor es de 150% $P_{hd}$ .

**Especificaciones típicas: Uso sin sobrecarga**

$P_{cont.max}$	Potencia típica del motor en uso sin sobrecarga.
----------------	--

**Uso en sobrecarga ligera**

$I_N$	Corriente continua que admite el 110% $I_N$ durante 1/5 minutos a 40 °C.
$P_N$	Potencia típica del motor en uso en sobrecarga ligera.

**Uso en trabajo pesado**

$I_{hd}$	Corriente continua que admite el 150% $I_{hd}$ durante 1/5 minutos a 40 °C.
$P_{hd}$	Potencia típica del motor durante el uso en trabajo pesado.

Las especificaciones de corriente son idénticas con independencia de la tensión de alimentación dentro del mismo intervalo de tensiones.

Estas especificaciones son válidas a una temperatura ambiente de 40 °C.

A temperaturas superiores (hasta 50 °C) el derrateo es del 1% / 1 °C.

Para conocer la gama y las especificaciones de los filtros senoidales, contacte con ABB.



*Figura 47: Variador*

#### **4.5.1.2 SELECCIÓN DEL ACCIONAMIENTO DE CONTROL E INSTRUMENTACIÓN.**

Para realizar el control y automatización del sistema se utilizaron los siguientes componentes.





#### 4.5.1.2.1 Controlador 1756-L61

##### ➤ Características y Especificaciones

Feature	1756-L61, 1756-L62, 1756-L63, L63XT, 1756-L64, 1756-L65
Controller tasks	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 32 tasks</li> <li>• 100 programs/task</li> <li>• Event tasks: all event triggers</li> </ul>
Built-in communication ports	1 port RS-232 serial
Communication options	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EtherNet/IP</li> <li>• ControlNet</li> <li>• DeviceNet</li> <li>• Data Highway Plus™</li> <li>• Remote I/O</li> <li>• SynchLink™</li> <li>• Third-party process and device networks</li> </ul>
Serial port communication	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASCII</li> <li>• DF1 full/half-duplex</li> <li>• DF1 radio modem</li> <li>• DH-485</li> <li>• Modbus via logic</li> </ul>
Controller connections supported, max	250
Network connections, per network module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 ControlNet (1756-CN2/A)</li> <li>• 40 ControlNet (1756-CN2/D, 1756-CN2/E)</li> <li>• 128 ControlNet (1756-CN2/B)</li> <li>• 256 EtherNet/IP; 128 TCP (1756-EN2x)</li> <li>• 128 EtherNet/IP; 64 TCP (1756-ENBT)</li> </ul>
Controller redundancy	Full support
Integrated motion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SERCOS interface</li> <li>• Analog options (encoder input, LDT input, SSI input)</li> <li>• EtherNet/IP (CIP Motion)</li> </ul>
Programming languages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relay ladder</li> <li>• Structured text</li> <li>• Function block</li> <li>• SFC</li> </ul>

##### ➤ Especificaciones técnicas

Attribute	1756-L61	1756-L62	1756-L63	1756-L64	1756-L65
User memory	2 MB	4 MB	8 MB	16 MB	32 MB
I/O memory	478 KB				
Optional nonvolatile memory storage	128 MB (1784-CF128)				
Digital I/O, max	128,000				
Analog I/O, max	4000				
Total I/O, max	128,000				
Replacement battery <sup>(1)</sup>	Series A: 1756-BA1, 1756-BATM, 1756-BATA Series B: 1756-BA2			1756-BA2 (0.50 g Lithium)	
Current draw @ 5.1V DC	1200 mA				
Current draw @ 24V DC	14 mA				
Power dissipation	3.5 W				
Thermal dissipation	11.9 BTU/hr				
Isolation voltage	30V (continuous), basic insulation type, RS-232 to system Type tested at 720V DC for 60 s				
Serial cables	1756-CP3 or 1747-CP3, right angle connector to controller, straight to serial port, 3 m (9.84 ft)				



**“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**



Slot width	1
Module location	Chassis-based, any slot
Chassis	1756-A4, 1756-A7, 1756-A10, 1756-A13, 1756-A17
Power supply, standard	1756-PA72, 1756-PA75, 1756-PB72, 1756-PB75
Power supply, redundant	1756-PA75R, 1756-PB75R, 1756-PSCA2
Wire category <sup>(2)</sup>	2 - on RS-232 port
North American temperature code	T4A
Enclosure type rating	None (open-style)

➤ **Especificaciones ambientales**

Attribute	1756-L61, 1756-L62, 1756-L63, 1756-L64, 1756-L65
Temperature, operating IEC 60068-2-1 (Test Ad, Operating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bd, Operating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Nb, Operating Thermal Shock)	0...60 °C (32...140 °F)
Temperature, storage IEC 60068-2-1 (Test Ab, Unpackaged Nonoperating Cold), IEC 60068-2-2 (Test Bb, Unpackaged Nonoperating Dry Heat), IEC 60068-2-14 (Test Na, Unpackaged Nonoperating Thermal Shock)	-40...85 °C (-40...185 °F)
Temperature, surrounding air, max	60 °C (140 °F)
Relative humidity IEC 60068-2-30 (Test Db, Unpackaged Damp Heat)	5...95% noncondensing
Vibration IEC 60068-2-6 (Test Fc, Operating)	2 g @ 10...500 Hz
Shock, operating IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock)	30 g
Shock, nonoperating IEC 60068-2-27 (Test Ea, Unpackaged Shock)	50 g
Emissions CISPR 11 IEC 61000-6-4	Class A
ESD immunity IEC 61000-4-2	6 kV contact discharges 8 kV air discharges

#### 4.5.1.2.2 Sistema Scada.

El software Scada es el FactoryTalk View Site Edition

Es la versión más completa y más distribuida. Esta es una arquitectura escalable que puede ser instalado como una aplicación en un solo PC (un usuario, un servidor, Stand-alone) o como aplicación distribuida, en varios servidores con respaldo y varios clientes. Es una herramienta poderosa que permite crear interfaces (pantallas), para la monitorización de procesos fiable y aplicaciones de control de supervisión.

En el presente proyecto se considera:

- Un Servidor local, para supervisión y control, ubicado en la sala de maquina (sala winche), a responsabilidad de supervisor de turno.
- Un servidor remoto, para supervisión y control, ubicado en superficie (sala de control), a responsabilidad del jefe de área.



- Un servidor remoto, solo para supervisión y monitoreo, ubicado en las oficinas principales de Lima, a responsabilidad de la Gerencia de Mantenimiento.

FactoryTalk View Site Edition le ofrece máximo control en desarrollo y utilización de aplicaciones autónomas y aplicaciones multiservidor / multicitiente. FactoryTalk View Site Edition es un programa de software HMI basado en Microsoft® Windows® para monitorizar, controlar y obtener datos de las operaciones de fabricación de toda la empresa.

- Simplifique el desarrollo de HMI con un editor común para FactoryTalk View Machine Edition y para Site Edition.
- Comparte datos e integra perfectamente otros productos habilitados para FactoryTalk. La arquitectura FactoryTalk orientada al servicio proporciona servicios comunes como seguridad, alarmas y diagnósticos en todos los productos.
- Optimiza las comunicaciones de la planta al integrar mejor los controladores de Rockwell Automation y los datos en tiempo real de FactoryTalk.
- Maximiza la productividad al obtener acceso directo a la información de tags en el controlador y al eliminar la necesidad de crear tags para HMI.
- Permite configurar aplicación desde cualquier sitio de la red y hacer cambios en un sistema en ejecución fácilmente con la capacidad de configuración remota multiusuario.
- Proporciona una pista de auditoría de la información de operador y de alarmas en una base de datos de registro centralizada.
- Personaliza la experiencia del operador al utilizar VBA del lado del cliente y el modelo de objetos gráficos expuesto.
- Maximiza la disponibilidad del sistema con detección de fallos y recuperación incorporados.



#### 4.5.1.2.3 Cuadro resumen

Casapalca 12' and 10' PLC common spare parts		
ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	ALB – 1756-L63 LOGIX 5563 PROCESSOR 8 MB MEM	1
2	ALB – 1756-PC75 30-60VDC POWER SUPPLY	1
3	ALB – 1756-IB16 16 PT 24 VDC INPUT MODULE	1
4	ALB – 1756-IA16 16PT 120 VAC INPUT MODULE	1
5	ALB – 1756-0A16 16 PT 120/240 VAC OUTPUT MOD	1
6	ALB – 1492-1FM40E-F5120-4 MOD INTRFCE	1
7	ALB – 1492-CABLE005X ASSEMBLY CABLE	1
8	ALB – 1756-1E16 16 PT ANALOG INPUT MODULE	1
9	ALB – 1756-0W161 16 PT ISOL RELAY OUTPUT	1
10	ABSOLUTE ENCODER 7264	1
11	DIRECTIONAL ENCODER	1
12	JOYSTICK CONTROLLER	1
13	VWSTMENE RSVIEW – software for on site diagnosis	1
14	ALB – 2711P-K15C4D2 KEY ENET DC PS EXT MEM	1
15	Fuente de alimentación para Panel View 85-265 Vac,	1
16	Cable de programación RS232, 10 mts	1
17	Cable serial de comunicación ControlLogix 5000	1
18	Memoria RAM para Panel View 128 MB.	1
19	Memoria interna CompactFlash para Panel View Plus 128 MB.	1
20	ENCODER INPUT MODULE	1
21	Panel view Plus 1500	1
22	MEMORIA USB DONGLE- P/ACTIVACION DE LICENCIA	1

Tabla 17



#### 4.6. LAZO DE CONTROL

El lazo de control considerado será un control de torque vs Velocidad y Control de la corriente Vs la velocidad.

Para ello se tiene que seleccionar accionamientos que intercambien parámetros de velocidad, torque, corriente, velocidad, etc.

En las figuras siguientes se mostrarán las gráficas de arranque que se tendrá que alcanzar para un control adecuado.

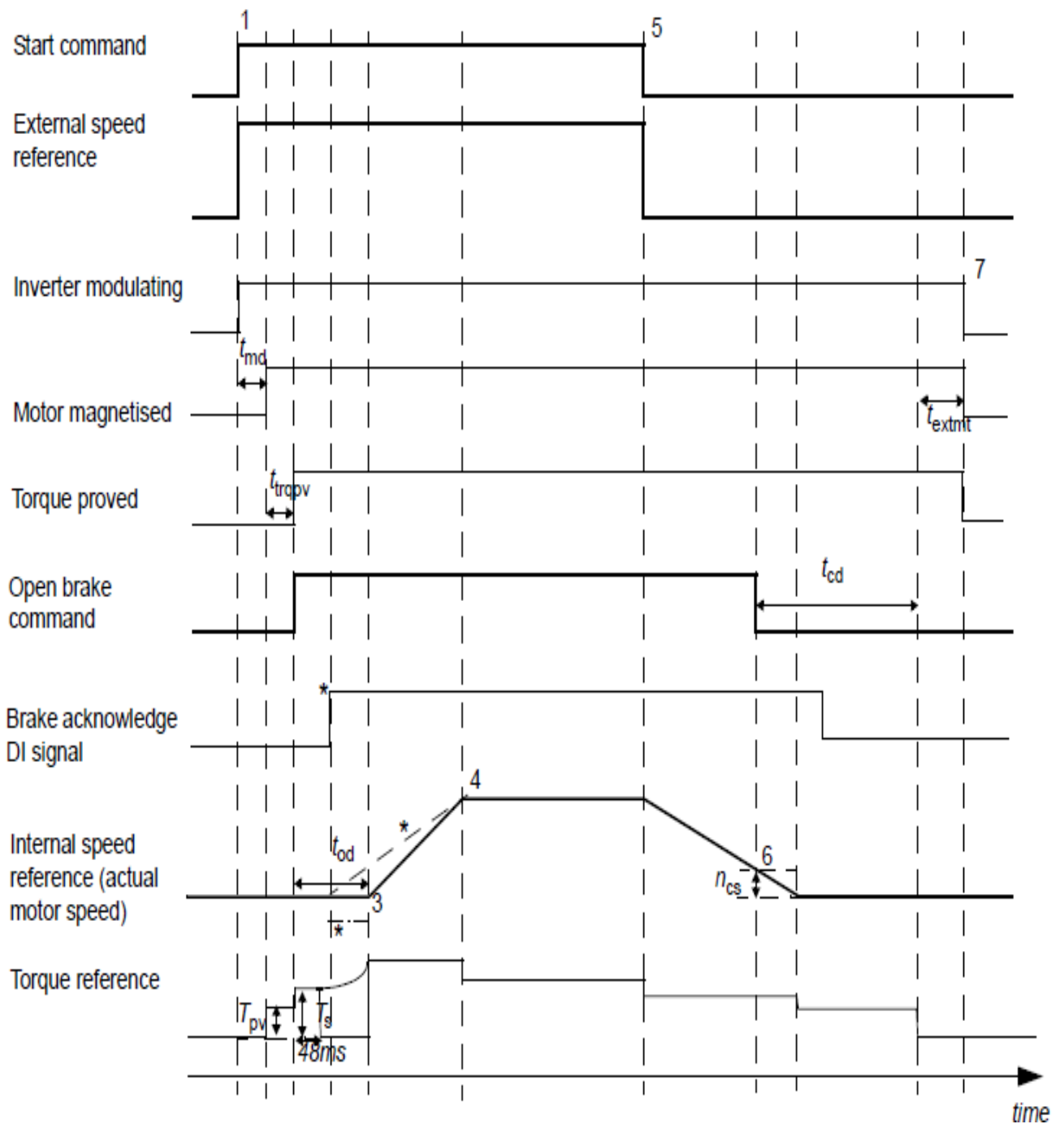


Figura 48



Como elementos finales de control se consideran dos encoder's absolutos, válvulas de control ON/OFF y proporcionales para el accionamiento de los frenos las cuales están ubicadas en las tambores de los frenos.

Además, se tendrá el monitorear parámetros de presión de aire de los frenos, temperaturas de motores y chumaceras, vibración de motores y tambores, placas deflectoras de los pocket y además todos estos parámetros se tendrán que ser transmitida al PLC y monitoreados en un panel HMI y sistema Scada.

También se tendrá el monitorear la posición actual de los skips, lo que conseguiremos colocando encoder absolutos en las tambores para obtener la información de posición y velocidad del sistema a pesar de que el variador nos brinda esta información es necesario colocarlo para contar con un sistema en redundancia y evitar paralizar el sistema frente a cualquier alteración de la instrumentación.

El controlador lógico programable PLC ControlLogix será el encargado de controlar la fuerza necesaria para poder levantar la carga y así mismo dar la velocidad necesaria para cumplir con el ciclo de izaje en función a rampas de aceleración y desaceleración seteado (setpoint).

Si el valor del torque y corriente  $>$  que el Sp el PLC ordenará paralizar el izaje para la descarga hasta encontrar el peso adecuado a izar (peso tendrá que ser  $< 10.3T_n \pm 10\%$  de ésta manera la carga recircule.

Si el valor de densidad es  $<$  que el Sp el PLC ordenará el izaje de la carga y liberación total de los frenos pasado la zona muerta de protección.

#### **4.6.1 ESTRATEGIAS DE CONTROL:**

##### **4.6.1.1 ESCALAMIENTO DE SEÑALES DE ENTRADA**



### a). SENSOR – TRANSMISOR DE NIVEL

#### Datos:

- Rango de Nivel:

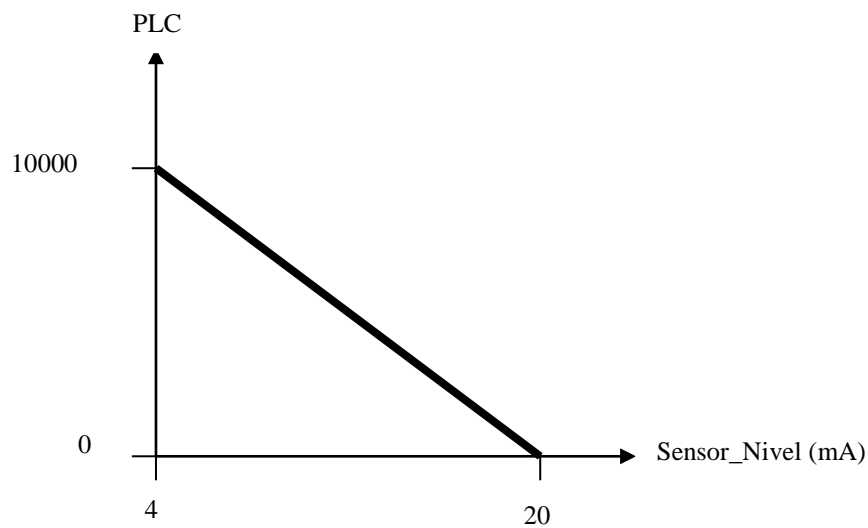
$$LT\_R\_min \rightarrow LT\_R\_max \text{ (mts)}$$

- Sensor Transmisor de Nivel (Según especificaciones):

$$LT\_R\_min \text{ (mts)} \rightarrow 4 \text{ mA (posición del skips abajo)}$$

$$LT\_R\_max \text{ (mts)} \rightarrow 20 \text{ mA (Posición del skips arriba)}$$

- Módulo de Entradas Analógicas del PLC (Según programación):



Entonces:

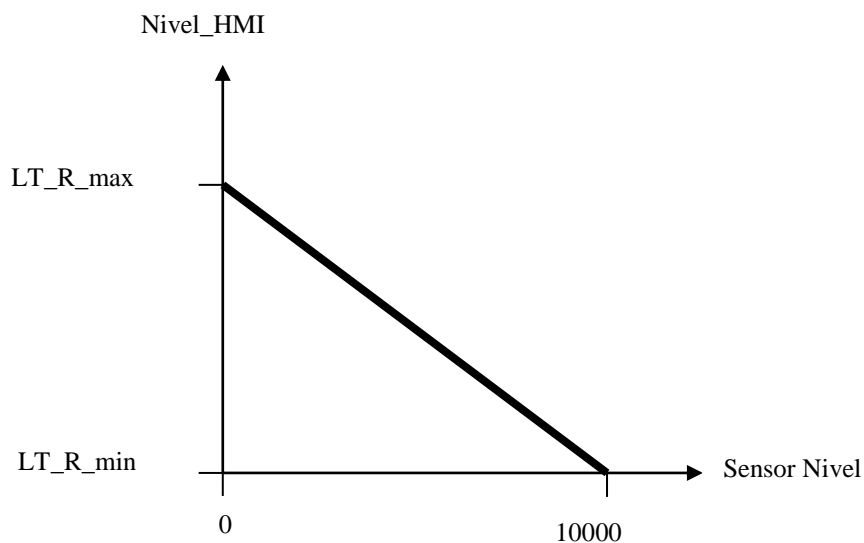


Figura N° 49 Nivel del skips en el pique vs. Bits



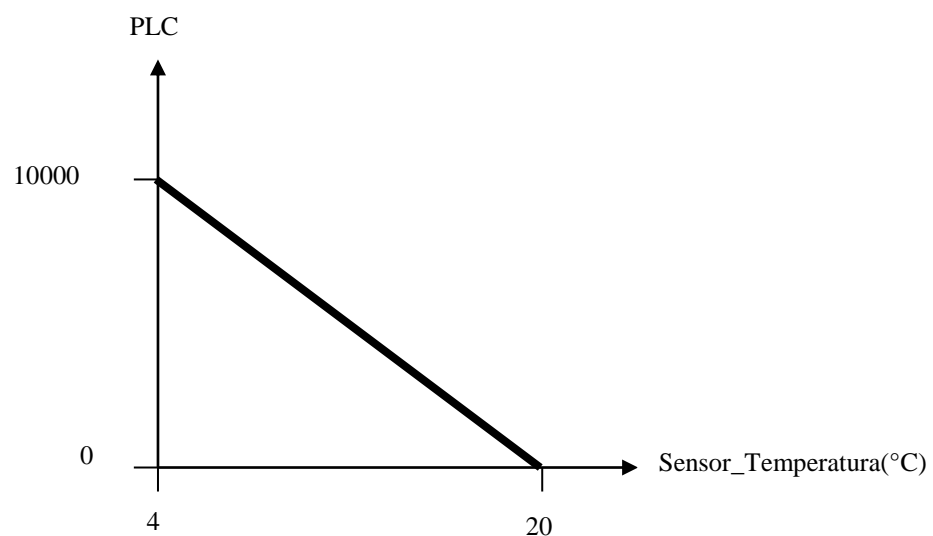
Por lo tanto, la ecuación que se va a implementar en el programa Ladder del PLC para hallar el nivel del skips en la zona de descarga del pique, teniendo como dato la corriente de 4 – 20 mA enviada por el sensor-transmisor de nivel y los rangos mínimos y máximos ingresados en el HMI, es:

$$Nivel\_HMI = \left( \frac{(LT\_R\_max - LT\_R\_min)}{10000} (Sensor\_Nivel) \right) + LT\_R\_min [mts]$$

### b). SENSOR – TRANSMISOR DE TEMPERATURA(PT100)

#### Datos:

- Rango de Temperatura de trabajo:  
-10 °C → 200 °C
- Sensor de temperatura (Según especificaciones):  
T\_R\_min - 10 °C = 96.07 ohm → 4 mA (Temperatura mínimo)  
T\_R\_max 200 °C = 175.84 → 20 mA (Temperatura máximo)
- Módulo de Entradas Analógicas del PLC (Según programación):



Entonces:

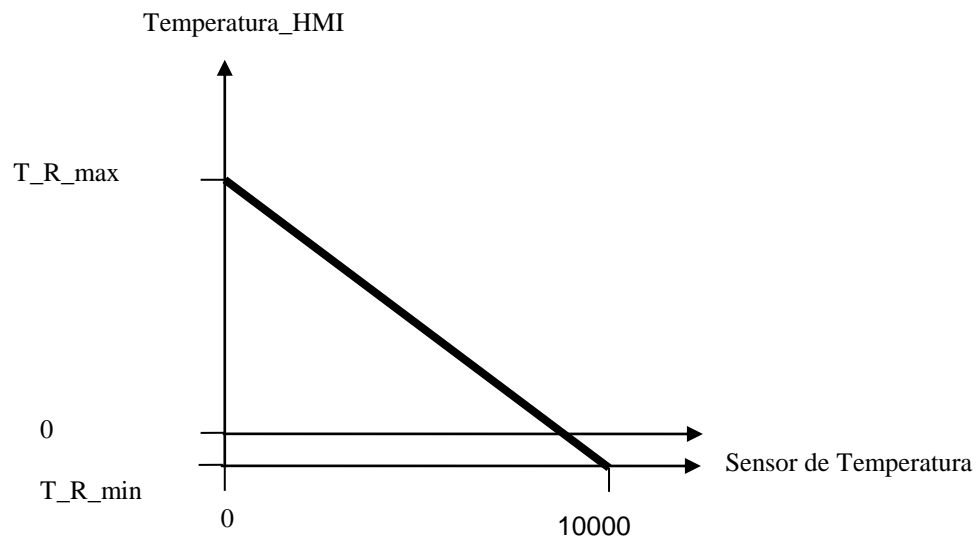


Figura N° 50 Temperatura vs. Bits

Por lo tanto, la ecuación que se va a implementar en el Programa Ladder del PLC para hallar el flujo, teniendo como dato la corriente de 4 – 20 mA enviada por el sensor de temperatura y el rango máximo ingresado en el HMI, es:

$$Temperatura\_HMI = \frac{(FT\_R\_max)}{10000} (Sensor\_Temperatura) [^{\circ}C]$$

### c). SENSOR – TRANSMISOR DE POSICION

#### Datos:

- Rango de Posicion:

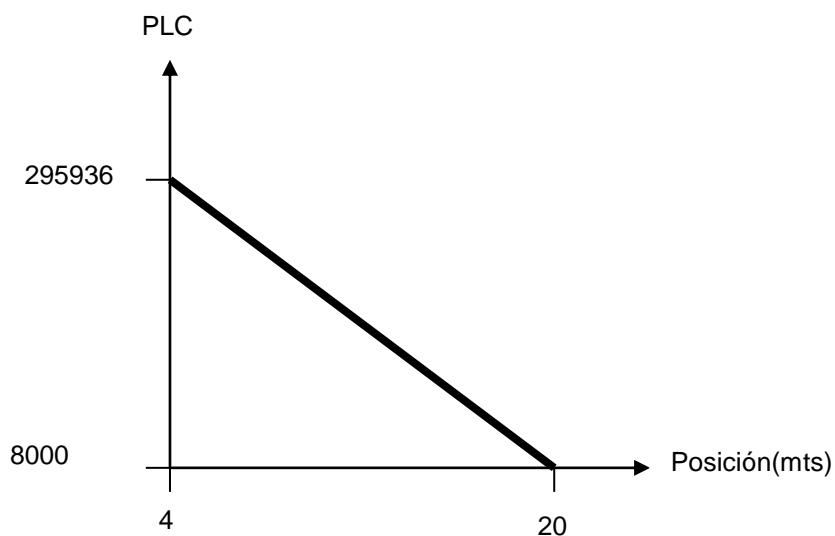
$$PT\_R\_min \rightarrow PT\_R\_max \text{ (mts)}$$

- Sensor Transmisor de Posicion (Según especificaciones):

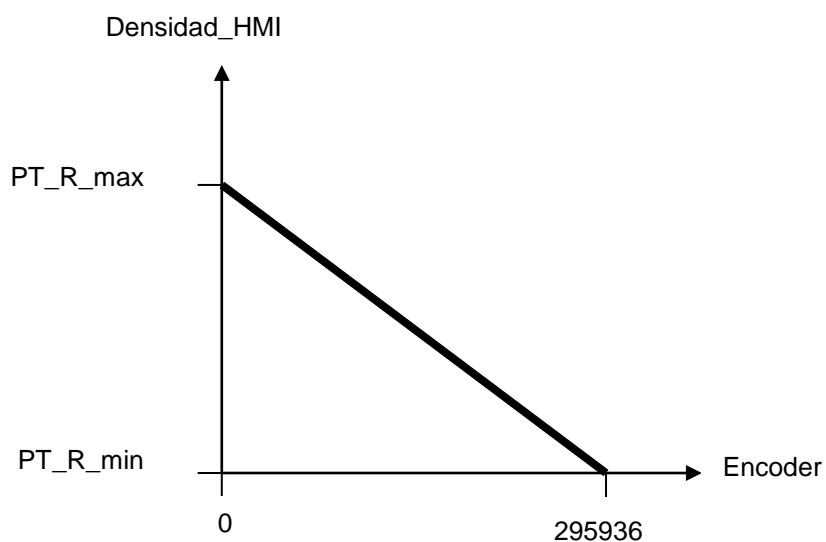
$$PT\_R\_min \text{ (mts)} = 8000 \text{ pulsos} \rightarrow 4 \text{ mA (Posición mínima)}$$

$$PT\_R\_max \text{ (mts)} = 295936 \text{ pulsos} \rightarrow 20 \text{ mA (Posición máxima)}$$

- Módulo de Entradas Analógicas del PLC (Según programación):



Entonces:



*Figura N° 51 Distancia (posicion del Skips) vs. Bits*

Por lo tanto, la ecuación que se va a implementar en el Programa Ladder del PLC para hallar la posición del skips, teniendo como dato la corriente de 4 – 20 mA enviada por el sensor-encoder y los rangos mínimo y máximo ingresados en el HMI, es:

6	0101
7	0100
8	1100
9	1101
10	1111
11	1110
0	0000

← Error

POSICIÓN	GRAY
0	0011
1	0010
2	0110
3	0111
4	0101
5	0100
6	1100
7	1101
8	1111
9	1110
10	1010
11	1011

Para no perder la característica de la conmutación de un solo bit, se utiliza el código Gray quebrado o bien con exceso N, haciendo corresponder a la posición 0 el código Gray correspondiente al valor N, donde N es el número que, restando al código Gray convertido a número binario da el valor exacto de posición.

El cálculo del número N se efectúa según la siguiente fórmula:

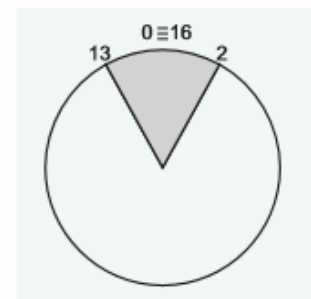
$$N = \frac{2^n - IMP}{2}$$

Donde: *IMP* es el número de impulsos / giro (solo impulsos pares)

$2^n$  es el número de impulsos múltiplo potencia de 2, inmediatamente superior a *IMP*

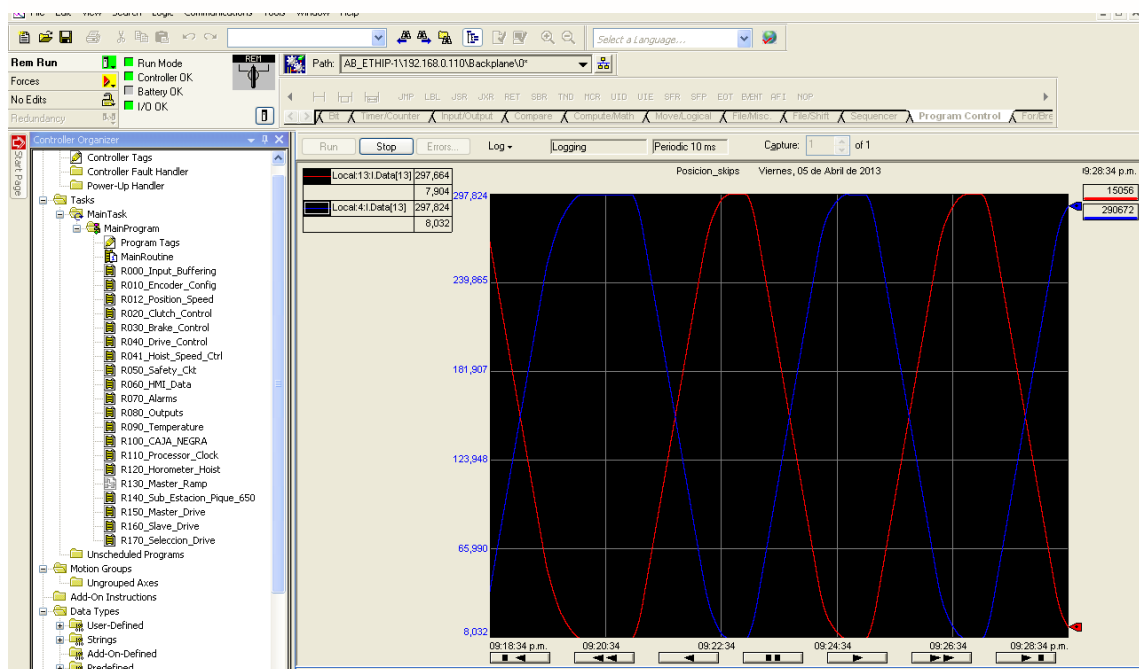
En nuestro caso la codificación será:

$$N = \frac{2^4 - 12}{2} = \frac{16 - 12}{2} = 2$$



**Ejemplo :** conversión de la posición 5

El código Gray de la posición 5 es 0100 el cual convertido a binario es 0111; 7 en decimal. Quitando a 7 el valor de N obtendremos el valor de posición real que es 7 - 2 = 5.



*Figura N°52 Distancia (posición del Skips) vs. Bits – Simulación encoder en PLC*

## D). REFERENCIA DE VELOCIDAD

### Datos:

- Rango de velocidad de trabajo:

0 fpm → 120fpm

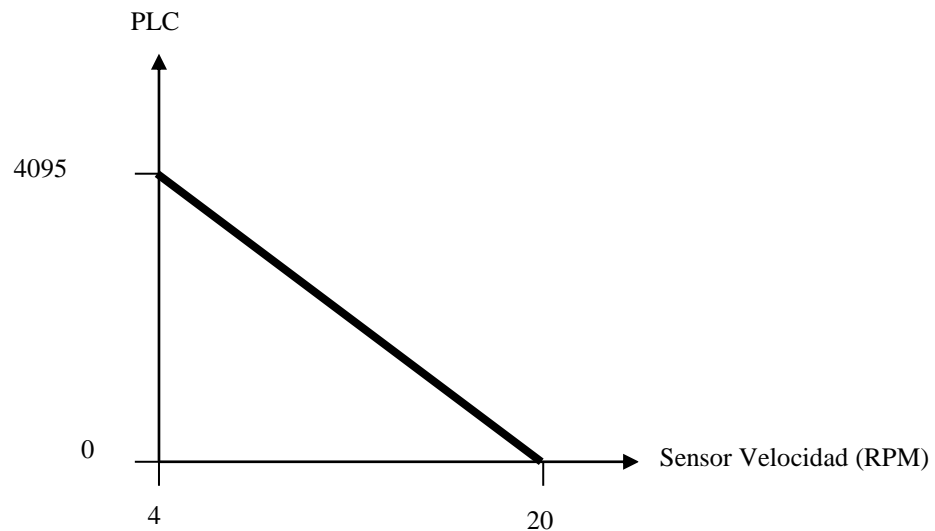
0 RPM → 370RPM

- Sensor de velocidad (Según especificaciones):

VT\_R\_min = 0 RPM → 4 mA (Velocidad mínimo)

VT\_R\_max = 370 RPM → 20 mA (Velocidad máximo)

- Módulo de Entradas Analógicas del PLC (Según programación):



Entonces:

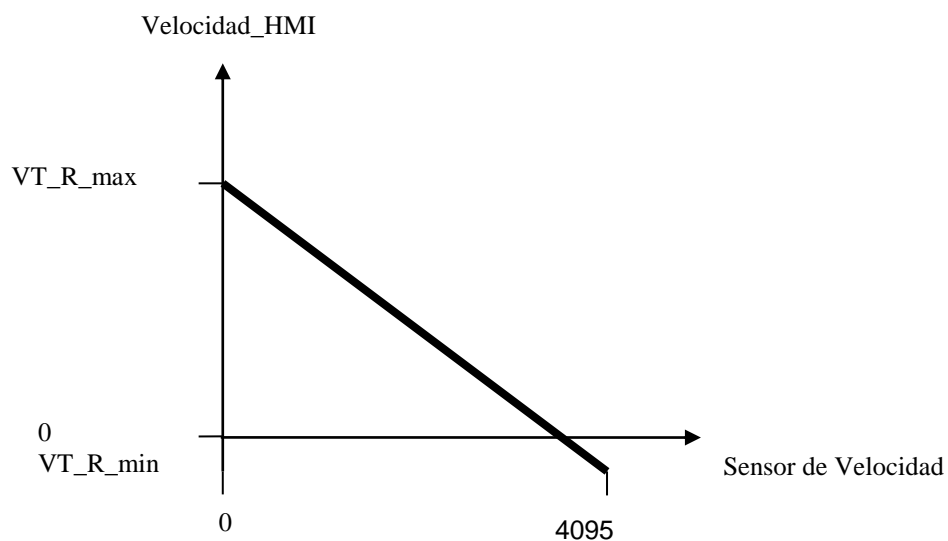


Figura N° 53 Velocidad vs. Bits

Por lo tanto, la ecuación que se va a implementar en el Programa Ladder del PLC para hallar la referencia de velocidad, teniendo como dato la corriente de 4 – 20 mA enviada por el sensor de velocidad (joystick) y el rango máximo ingresado en el HMI, es:

$$REF.Velocidad\_HMI = 4095 - \frac{4095(VT\_T\_max)}{1945} (Sensor\_Velocidad) [RPM]$$

$$FPM\_HMI = \frac{Diametro \times 3.1416 \times RMP}{12}$$

#### 4.6.1.2 ESCALAMIENTO DE SEÑALES DE SALIDA

##### a). Referencia de velocidad de salida de PLC a Variador

**Datos:**

- Rango de velocidad de salida:

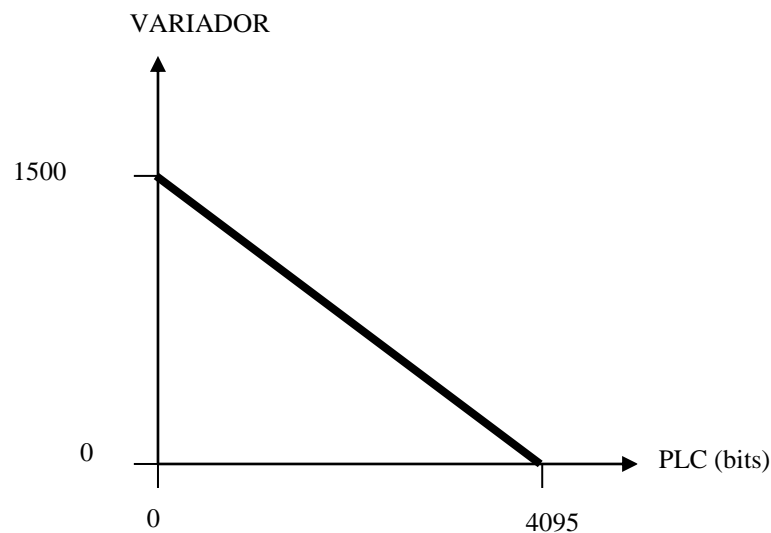
0 bits → 4095 bits

- Dato recibido en el Variador (Según especificaciones):

VT\_R\_min = 0 bits → 0 bits (Velocidad mínimo)

VT\_R\_max = 4095 bits → 1500 bits (Velocidad máximo)

- Módulo de Entradas digitales del Variador (Según programación):





#### 4.6.2 DIRECCIONAMIENTO DE SEÑALES ENTRE VARIADORES Y PLC

A continuación, se da la descripción de las señales de entrada digitales, así como el rol que desempeña en el sistema de control:

Item	Descripción	Equipo	Dirección	Comentarios
1	Sobrevelocidad del Tambor Izquierdo	Lilly Izquierdo	I:002/00	Temporalmente no se va a usar, sin embargo, debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento, CIA Minera Casapalca Aprobó el % de sobrevelocidad. Inicialmente se Tomará como referencia las velocidades de trabajo: 1. 500 p/m para transporte de personal. 2. 1800 p/m para transporte de mineral Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
2	Hombre Seguro Activado (Men Safety ON)	Lilly Izquierdo	I:002/01	Temporalmente no se va a usar, sin embargo, debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento, Electric Support realizó la conexión en el Campo, sin embargo, no se conoce su funcionamiento. Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
3	Límite de aceleración en la subida para el tambor Izquierdo	Lilly Izquierdo	I:002/02	Temporalmente no se va a usar, sin embargo, debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento, CIA Minera Casapalca Aprobó el % de sobre Aceleración permisible. Este valor va a estar en correspondencia con la rampa que se haya configurado en el Variador de Velocidad, Electric Support deberá proporcionar esta información. Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
4	Límite de aceleración en la bajada para el tambor Izquierdo	Lilly Izquierdo	I:002/03	Temporalmente no se va a usar, sin embargo, debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento, CIA Minera Casapalca Aprobó el % de sobre Aceleración permisible. Este valor va a estar en correspondencia con la rampa que se haya configurado en el Variador de Velocidad, Electric Support deberá proporcionar esta información. Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
5	Indicador de Posición del Tambor Izquierdo	Lilly Izquierdo	I:002/04	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento. Supuestamente deberá indicar la posición física del tambor. Cia. Minera Casapalca deberá encargarse de su calibración. Esta señal sería usada en la lógica de control para confirmar la ubicación del Tambor Izquierdo en la posición que se identifique.
6	Movimiento del Tambor Izquierdo.	Lilly Izquierdo	I:002/05	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento, CIA Minera Casapalca Aprobó el % de sobre Aceleración permisible. Supuestamente es una indicación de movimiento del Tambor En condiciones de Tambor Frenado, la activación de esta señal indicará una alarma.
7	Sobre Enrollado del tambor Izquierdo	Lilly Izquierdo	I:002/06	Temporalmente no se va a usar, sin embargo, debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento Esta señal es una indicación que el carrete se ha enrollado de tal manera que el skip está por encima del nivel de descarga. Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.



**“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**



Item	Descripción	Equipo	Dirección	Comentarios
8	Sub-Enrollado del Tambor	Lilly Izquierdo	I:002/07	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento Esta señal es una indicación que el carrete se ha desenrollado de tal manera que mientras el skip se encuentra detenido, el cable no conserva su vertical Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
9	Sobrevelocidad del Tambor Derecho	Lilly Derecho	I:003/00	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento, CIA Minera Casapalca Aprobó el % de sobrevelocidad. Inicialmente se Tomará como referencia las velocidades de trabajo: 3. 500 p/m para transporte de personal. 4. 1800 p/m para transporte de mineral Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
10	Limite de aceleración en la subida para el tambor Derecho.	Lilly Derecho	I:003/01	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento, CIA Minera Casapalca Aprobó el % de sobre Aceleración permisible. Este valor va a estar en correspondencia con la rampa que se haya configurado en el Variador de Velocidad, Electric Support deberá proporcionar esta información. Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
11	Limite de aceleración en la bajada del Tambor Derecho.	Lilly Derecho	I:003/02	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento, CIA Minera Casapalca Aprobó el % de sobre Aceleración permisible. Este valor va a estar en correspondencia con la rampa que se haya configurado en el Variador de Velocidad, Electric Support deberá proporcionar esta información. Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
12	Indicador de Posición del Lilly Derecho	Lilly Derecho	I:003/03	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento. Supuestamente deberá indicar la posición física del tambor. Cia. Minera Casapalca deberá encargarse de su calibración. Esta señal sería usada en la lógica de control para confirmar la ubicación del Tambor Derecho en la posición que se identifique.
13	Movimiento del Tambor Derecho.	Lilly Derecho	I:003/04	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento, CIA Minera Casapalca Aprobó el % de sobre Aceleración permisible. Supuestamente es una indicación de movimiento del Tambor En condiciones de Tambor Frenado, la activación de esta señal indicará una alarma.
14	Sobre Enrollado del tambor Derecho.	Lilly Derecho	I:003/05	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento Esta señal es una indicación que el carrete se ha enrollado de tal manera que el skip está por encima de el nivel de descarga. Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
15	Sub Enrollado del Tambor Derecho.	Lilly Derecho	I:003/06	Temporalmente no se va a usar, sin embargo debe estar habilitado en la lógica de control (Ladder) para que una vez que se realice su calibración, entre en funcionamiento Esta señal es una indicación que el carrete se ha desenrollado de tal manera que mientras el skip se encuentra detenido, el cable no conserva su vertical Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.



**“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**



Item	Descripción	Equipo	Dirección	Comentarios
16	Reset	Control Desk	I:003/07	Proviene de un pulsador ubicado en el Control Desk. Todas las condiciones que generen una parada de los motores, aplicación de los frenos en motores y tambores, así como en los permisos de aire de control de frenos deberán ser automantenidos. Una vez que el técnico respectivo haya corregido la falla que originó la parada, el operador del Winche pulsará el botón de RESET para liberar la falla en el programa de control. El Winche estará listo para ser Arrancado.
17	Selección de Baja Velocidad.	Control Desk	I:004/00	Viene de Joystick ubicado en el Control Desk. Botón Central del Joystick, Selecciona la mitad de la velocidad que se haya seleccionado en el Modo de Operación, se aplica para generar la salida de control de mando de velocidad al VFD
18	Mando de Ascenso del Tambor Derecho	Control Desk	I:004/01	Viene del Joystick ubicado en el Control Desk. Se activa al mover el Joystick hacia arriba, esto habilita en la lógica de control para que dadas las condiciones, se active el comando FORWARD hacia el VFD Tyrak.
19	Mando de Descenso del Tambor derecho.	Control Desk	I:004/02	Viene del Joystick ubicado en el Control Desk. Se activa al mover el Joystick hacia abajo, esto habilita en la lógica de control para que dadas las condiciones, se active el comando REVERSE hacia el VFD Tyrak.
20	Selección de Automático (ahora selección en modo de transporte de personal).	Control Desk	I:004/03	Proviene del selector AUTO-MANUAL en el Control Desk. El selector es de dos posiciones, por lo que la ausencia de señal debe indicar que el selector está en modo manual, siempre que se verifique que existe energía de control (otra señal de entrada) Dadas las condiciones del Winche, el modo Automático va a seleccionar el Modo de Transporte de Personal, con sus protecciones y velocidad respectiva. Mientras que el modo Manual, sería para el transporte de Mineral, con sus protecciones y velocidad respectiva. El Modo de Pruebas va a depender de los Selectores de Prueba de los Frenos y se les puede activar tanto en el modo de transporte de Personal como el de transporte de mineral, sin embargo por razones de seguridad es preferible hacerlo en el modo de transporte de personal.
21	Selector para Inhibir Protecciones del Lilly Control	Control Desk	I:004/04	Proviene de un selector en el Control Desk (Back-Out Switch) Lo que hace esta señal es inhibir las protecciones del Lilly Control de acuerdo a las condiciones del Winche, véase el diagrama de control en la Pág. 42 de los planos originales. Si bien allí está enclavado con las señales de los Lillys, también debe funcionar con las señales similares que provengan de los datos del Encoder. Todo esto debe ser consistenciado en el Programa de Control.
22	Parada de Emergencia tipo Hongo en el Control Desk	Control Desk	I:004/05	Instalado en el Control Desk. Esta es una señal que Detiene el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos.
23	Switch con llave para Habilitación ON-OFF	Control Desk	I:004/06	Permiso Principal para el funcionamiento de Control del Winche, se activa con una llave física. Esta señal debe ser condición general para habilitar el funcionamiento del Winche. Su desconexión debe parar el Winche, es decir, detiene el motor y aplica los frenos a los motores y tambores, deshabilita asimismo las válvulas solenoides para el control de los frenos
24	Switch de Habilitación para Calibración	VFD ABB	I:004/07	Proviene del gabinete del Variador Tyrak de ABB. Esta señal permite la habilitación para la calibración o sincronización de los tambores Izquierdo y Derecho. El procedimiento de la calibración se describe más o menos en el manual original del Winche. La calibración debe hacerse cada vez que se cambie de cables de los tambores y/o cuando de sospeche que los cables han sufrido un estiramiento apreciable. La calibración consiste en alinear los tambores a una posición estándar.
25	Sincronización del Tambor Izquierdo	VFD ABB	I:005/00	Junto con el Switch de habilitación, da el mando para la rutina de calibración del Tambor Izquierdo.
26	Sincronización del Tambor Derecho	VFD ABB	I:005/01	Junto con el Switch de habilitación, da el mando para la rutina de calibración del Tambor Derecho.



**“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR  
EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA  
DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**



Item	Descripción	Equipo	Dirección	Comentarios
27	VFD listo para arrancar	VFD ABB	I:005/02	Señal proveniente del Variador ABB Tyrak, esta señal es un permision adicional para el arranque del Variador y por ende de los motores.
28	Confirmación de VFD en funcionamiento	VFD ABB	I:005/03	Esta señal es la confirmación de funcionamiento del Variador de velocidad, ya sea en sentido directo o en reversa
29	Confirmación de cierre del Loop breaker	VFD ABB	I:005/04	Esta señal proviene de un compartimiento del VFD ABB Tyrak, se activa cuando se presiona el pulsador de cierre que se encuentra en el frente de Panel de VFD. Esta señal también es un permision para el arranque del VFD, puesto que hace la conexión eléctrica del Variador al campo de los motores DC
30	Switch de Presión para Frenos de Motores	Tablero de Frenos de los Motores	I:005/05	Proviene del panel de freno de los motores. Esta señal es un permision para el arranque de los motores, y también para la señal de liberación de los frenos de los motores Izquierdo y Derecho Si no existe esta señal no se va a poder liberar a los motores, por ende, no va a haber traslado del Skip.
31	Confirmación de las solenoides para inhibir los frenos en el Motor Izquierdo (SPV4P/L, SPV5P/L)	Tablero de Frenos de los Motores	I:005/06	Estas señales son una Indicación de que se ha realizado la liberación de freno de los motores. En caso se de un mando de esta señal y en el lapso por ejemplo de 5 segundos no se tiene confirmación, se activa una señal de alarma. el buen funcionamiento de las Válvulas Solenoides del Motor Izquierdo
31	Confirmación de las solenoides para inhibir los frenos en el Motor Derecho (SPV4P/R, SPV5P/R)	Tablero de Frenos de los Motores	I:005/07	Estas señales son una Indicación de que se ha realizado el mando a los solenoides para la liberación de freno de los motores. En caso se de un mando de esta señal y en el lapso por ejemplo de 5 segundos no se tiene confirmación, se activa una señal de alarma. el buen funcionamiento de las Válvulas Solenoides del Motor Derecho
32	Switch de Presión para el Freno Izquierdo	Tablero de Freno de Tambor Izquierdo	I:006/00	Proviene del panel de freno del Tambor Izquierdo. Esta señal es un permision para el arranque de los motores, y también para la señal de liberación de los frenos del Tambor Izquierdo Si no existe esta señal no se va a poder liberar al Tambor Izquierdo, por ende no va a haber traslado del Skip.
33	Confirmación de las solenoides para inhibir los frenos en el Tambor Izquierdo SPV4/L, SPV5/L)	Tablero de Freno de Tambor Izquierdo	I:006/01	Estas señales son una Indicación de que se ha realizado el mando a las solenoides para la liberación de freno del Tambor Izquierdo. En caso se de un mando de esta señal y en el lapso por ejemplo de 5 segundos no se tiene confirmación, se activa una señal de alarma. el buen funcionamiento de las Válvulas Solenoides del Tambor izquierdo
34	Switch de Presión para el Freno Derecho	Tablero de Freno de Tambor Derecho	I:006/02	Proviene del panel de freno del Tambor Derecho. Esta señal es un permision para el arranque de los motores, y también para la señal de liberación de los frenos del Tambor Derecho Si no existe esta señal no se va a poder liberar al Tambor Derecho, por ende no va a haber traslado del Skip.
35	Confirmación de las solenoides para inhibir los frenos en el Motor Derecho (SPV4P/R, SPV5P/R)	Tablero de Freno de Tambor Derecho	I:006/03	Estas señales son una Indicación de que se ha realizado el mando a las solenoides para la liberación de freno del Tambor Derecho. En caso se de un mando de esta señal y en el lapso por ejemplo de 5 segundos no se tiene confirmación, se activa una señal de alarma. el buen funcionamiento de las Válvulas Solenoides del Tambor Derecho
36	Confirmación de Freno Izquierdo Totalmente Aplicado, Limit Switch de Campo	Tambor Izquierdo	I:006/04	Se cierra cuando el freno izquierdo esta aplicado totalmente, es un Limit Switch de campo. Esta señal es un permision real para el desplazamiento del Tambor Izquierdo
36	Confirmación de Freno Derecho Totalmente Aplicado, Limit Switch de Campo	Tambor Derecho	I:006/05	se cierra cuando el freno Derecho esta aplicado totalmente, es un Limit Switch de campo Esta señal es un permision real para el desplazamiento del Tambor Derecho
37	Confirmación de Embrague del Tambor Izquierdo, Limit Switch de Campo	Tambor Izquierdo	I:006/06	se cierra cuando el embrague esta totalmente adentro, es un Limit Switch de campo Esta señal es un permision real para el desplazamiento del Tambor Izquierdo.
38	Confirmación de freno en el Motor Izquierdo deshabilitado (PBL1 y	Motor A	I:006/07	Viene de señales de campo en serie, Limit Switch de frenos de motores Esta señal es un permision real para el desplazamiento de los



**“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**



Item	Descripción	Equipo	Dirección	Comentarios
	PBLS2)			Tambores Derecho e izquierdo
39	Confirmación de freno en el Motor Derecho deshabilitado (PBRs1 y PBRs2)	Motor B	I:007/00	Viene de señales de campo en serie, Limit Switch de frenos de motores Esta señal es un permisivo real para el desplazamiento de los Tambores Derecho e izquierdo
40	Tensión de Control 120VAC	PLC-5	I:007/01	Es una señal de confirmación de tensión de control, de esta manera se puede consistenciar la ausencia de otras señales.
41	Tensión de Control 24VDC	PLC-5	I:007/02	Esta tensión se utiliza para activar a las válvulas solenoides para el control neumático de los frenos, es un permisivo para la habilitación de las solenoides de control de frenos.
42	Sensor de Cable Roto de tambor Izquierdo	Tambor Izquierdo	I:007/03	Con contacto seco para enclavamiento Lógico y Físico
43	Sensor de Cable Roto de tambor Derecho	Tambor Derecho	I:007/04	Con contacto seco para enclavamiento Lógico y Físico
44	Sensor de Posición de la Jaula Izquierda cerca al Limite Inferior	Pique 650	I:007/05	Como precaución antes de que la Jaula llegue al piso
45	Sensor de Posición de la Jaula Izquierda en el Limite Inferior	Pique 650	I:007/06	Como precaución antes de que la Jaula llegue al piso
46	Sensor de Posición de la Jaula Derecha cerca al Limite Inferior	Pique 650	I:007/07	Como Seguridad antes que la Jaula llegue al piso
	Sensor de posición de canastilla Izquierda ubicada para Personal en Nivel 4	Pique 650	I:010/01	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
47	Sensor de posición de canastilla Izquierda ubicada para Carga en Nivel 4	Pique 650	I:010/02	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
48	Sensor de posición de canastilla Izquierda ubicada para Personal en Nivel 5	Pique 650	I:010/03	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
49	Sensor de posición de canastilla Izquierda ubicada para Personal en Nivel 6	Pique 650	I:010/04	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
50	Sensor de posición de canastilla Izquierda ubicada para Personal en Nivel 7	Pique 650	I:010/05	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
51	Sensor de posición de canastilla Izquierda ubicada para Personal en Nivel 8	Pique 650	I:010/06	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
52	Sensor de posición de canastilla Izquierda ubicada para Carga en Nivel 8	Pique 650	I:010/07	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
53	Sensor de posición de canastilla Izquierda ubicada para Personal en Nivel 9	Pique 650	I:011/00	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
54	Sensor de posición de canastilla Derecha ubicada para Personal en Nivel 4	Pique 650	I:011/01	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
55	Sensor de posición de canastilla Derecha ubicada para Carga en Nivel 4	Pique 650	I:011/02	Sensor inductivo con contacto seco N.O.





**“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**



Item	Descripción	Equipo	Dirección	Comentarios
56	Sensor de posición de canastilla Derecha ubicada para Personal en Nivel 5	Pique 650	I:011/03	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
57	Sensor de posición de canastilla Derecha ubicada para Personal en Nivel 6	Pique 650	I:011/04	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
58	Sensor de posición de canastilla Derecha ubicada para Personal en Nivel 7	Pique 650	I:011/05	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
59	Sensor de posición de canastilla Derecha ubicada para Personal en Nivel 8	Pique 650	I:011/06	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
60	Sensor de posición de canastilla Derecha ubicada para Carga en Nivel 8	Pique 650	I:011/07	Sensor inductivo con contacto seco N.O.
61	Sensor de posición de canastilla Derecha ubicada para Personal en Nivel 9	Pique 650	I:012/00	Sensor inductivo con contacto seco N.O.

item	descripción	Equipo	Dirección	comentarios
1	Salida de control para Arranque del VFD	PLC-5	O:013/00	Se va a usar salidas aisladas y directo al VFD
2	Salida de Control para referencia de "Forward" al VFD	PLC-5	O:013/01	Se va a usar salidas aisladas y directo al VFD
3	Salida de Control para referencia de "Reverse" al VFD	PLC-5	O:013/02	Se va a usar salidas aisladas y directo al VFD
4	Salida de Control para Rampa de Baja Velocidad en VFD	PLC-5	O:013/03	Se va a usar salidas aisladas y directo al VFD
5	Salida de Control para activar la Advertencia sonora	PLC-5	O:015/00	El Timbre se encuentra en Control Desk
6	Salida de Control Para habilitar a las solenoides 2 (Prime) y 3(Release) que dan paso a la presión de trabajo de Frenos y Embrague	PLC-5	O:015/01	Usar un relé de 120VAC, para usar dos contactos de habilitación a los solenoides 2(Prime) y 3(Release) de la Pág. 57, estas solenoides habilitan de aire para el control de los Frenos.
7	Salida de Control Para habilitar a las solenoides 3 (Prime) y 4(Release) que dan paso a la presión de trabajo de Frenos y Embrague	PLC-5	O:015/02	Usar un relé de 120VAC, para usar dos contactos de habilitación a los solenoides 3(Release) y 4(Apply-N) de la Pág. 57, estas solenoides habilitan de aire para el control de los Frenos.
8	Salida de Control para la prueba de presión de las electroválvulas TEST y RELEASE	PLC-5	O:015/03	Habilita simultáneamente a las válvulas 1(Test) y 3(release) de habilitación de presión de trabajo. Usar un Relé de control 120 VAC
9	Salida de Control para Energizar a las solenoides SPV4/SPV5 del freno de Tambores Izquierdo y Derecho.	PLC-5	O:015/04	Energiza en simultaneo a las solenoides SPV4/L, SPV5/L del Freno Izquierdo y derecho, SPV4/R, SPV5/R. Usar un relé de control de 120 VAC
10	Salida de Control Para Habilitar el Embrague del Tambor Izquierdo	PLC-5	O:015/05	Esta salida habilita el embrague del Tambor Izquierdo.
11	Salida de Control Para Habilitar el freno de los Motores	PLC-5	O:015/06	Esta salida habilita al energizarse el retiro de los frenos de los motores.



**“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR  
EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA  
DE LA COMPAÑÍA MINERA CASAPALCA S.A.”**



ítem	descripción	Equipo	Dirección	comentarios
1	Corriente en Tiempo Real de los Motores	VFD	R:0, G:0, CH:0	Viene de PA1.K1.5 y de YA1 (VFD), son señales de voltaje, hay que usar un acondicionador de señal para el módulo NIS
2	Referencia de Velocidad manual, desde el Joystick	Control Desk	R:0, G:0, CH:1	Viene de potenciómetro de Joystick -10 a 10VDC, hay que usar un acondicionador de señal para el módulo NIS
3	Comando de Referencia de Velocidad (0-10VDC) para el VFD	PLC-5	R:0, G:1, CH:0	Va al VFD YA-1, para Controlar la velocidad del motor, Pág. 107, 223, señal de voltaje requerido, usar un acondicionador de señal.

*Tabla 18*



### DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA ACTUALMENTE EN EL GABINETE DEL PLC ALLEN BRADLEY

Distribución de I-O en chasis principal de Winche

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1771-ASB Serie E	SPARE	1771-P4S POWER SUPPLY 120 VAC	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-OA 08 120VAC DIGITAL OUTPUTS	1771-OA 08 120VAC DIGITAL OUTPUTS	1771-OA 08 120VAC DIGITAL OUTPUTS	1771-OA 08 120VAC DIGITAL OUTPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-OA 08 120VAC DIGITAL OUTPUTS

**Notas:**

- 1 el Primer slot va a ser reemplazado por el PLC que está en Lima
- 2 el chasis va a ser de 1 slot
- 3 las ultima tarjeta de entrada digital va a ser quitada, ojo que el falta el Wiring Arm, y tambien hay que venderse.
- 4 Mover la fuente al ultimo slot (15)
- 5 colocar el penultimo modulo junto a las entradas digitales
- 7 colocar en modulos NIS en el slot 0
- 8 colocar el Modulo NOC en el slot 1
- 9 Los modulos de entrada digital a continuacion
- 10 el penultimo slot queda libre ( realmente no queda slot Libre, mas bien una tarjeta en reserva)

Distribución de I-O en chasis Secundario de Winche

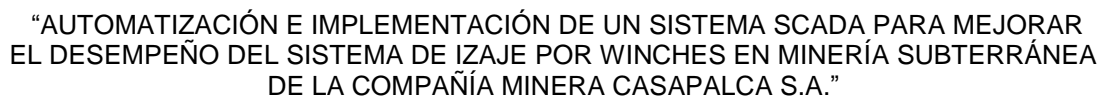
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1771-ASB Serie B	1771-P4S POWER SUPPLY 120 VAC	1771-ID 06 ISOLATED 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-ID 06 ISOLATED 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-ID 06 ISOLATED 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-OD 06 ISOLATED 120VAC DIGITAL OUTPUT	1771-OD 06 ISOLATED 120VAC DIGITAL OUTPUT	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-IA 08 120VAC DIGITAL INPUTS	1771-OA 08 120VAC DIGITAL OUTPUTS	1771-OA 08 120VAC DIGITAL OUTPUTS	1771-DB MODULO BASIC	1771-2J CHANNEL ENCODER		

**Notas:**

- 1 el primer slot se reemplaza por el ASB del Chassis de arriba
- 2 se retira al modulo Basic, que queda de reserva
- 3 el chasis va a ser de 1 slot
- 4 se coloca la fuente en los ultimos slots
- 5 colocar el Modulo de encoder en los slots 0 y 1

**Averiguar:**

- que se requiere para trabajar con los Encoder que se tienen en Casapalca
- 1 fuente de 5 vdc
  - 2 fuente de 24 vdc
  - 2 fuente de 24 vdc



## DISTRIBUTION PROPOSED TO: OFFICE MODULO DO PHILIP CHURCHES

Definieren Sie 1-2 von sieben, präzise/präzise die Abstände

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
1771-1408 (PWR SUPPLY)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

Colocar la RTP near este Módulo de entrada Analógica

using the RFP gene under the Mammalian Expression Vector in TE-C

**Lemma 1.13** *Let  $\mathcal{A}$  be a finite algebra. Then  $\mathcal{A}$  is a subalgebra of  $\mathcal{B}$  if and only if  $\mathcal{A}$  is a subalgebra of  $\mathcal{B}$  and  $\mathcal{A}$  is a subalgebra of  $\mathcal{B}$ .*

[illegible]

**Notes:**

2 TE-C este alinaat cu la fel siguranță de TE-I, cu datele rezonanței de alinație.

2 TE-C este inclusă în lista sigiliilor de TE-I, se dăse reanunțului de solicitare

Nota: Ver hoja excel 01

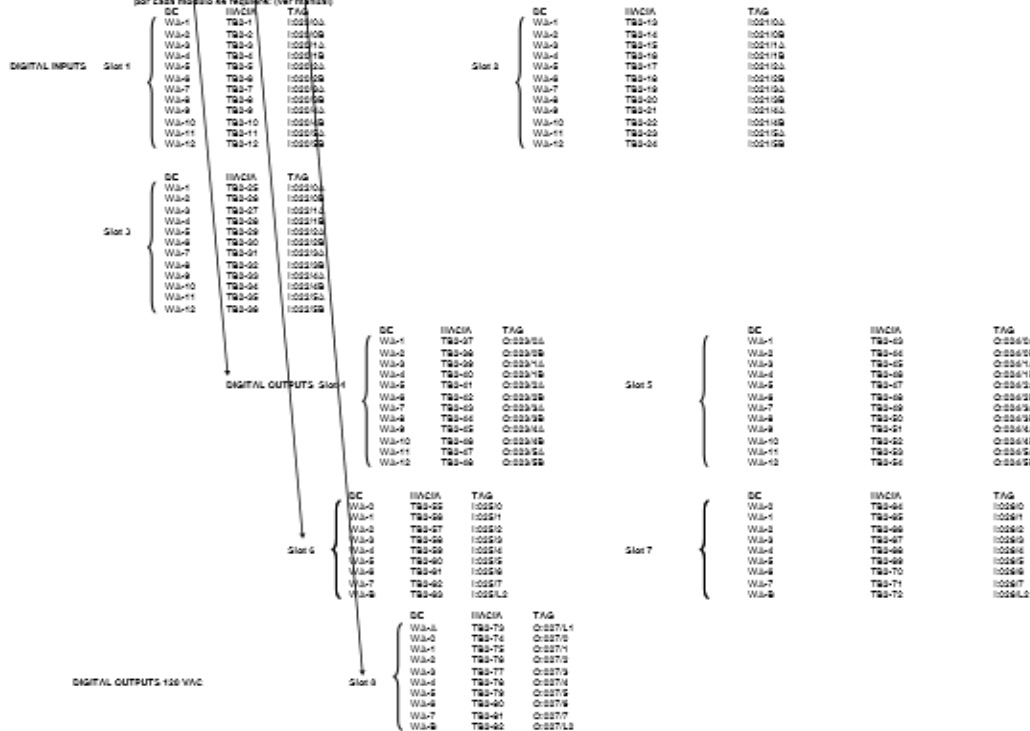
**DISTRIBUCIÓN PROYECTADA DE LOS MÓDULOS IO EN LOS CHASISISES**

Distribución de I/O en chasis principal de Winche



Rack: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18  
Grupo: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Ilustrar los Diagramas de las conexiones entre el módulo (Wiring Area) y las bornas correspondientes de este módulo por cada módulo es necesario: (ver anexos)



Nota: Ver hoja excel 02

#### 4.7 DIAGRAMA DE CONTROL DEL SISTEMA ACTUAL.

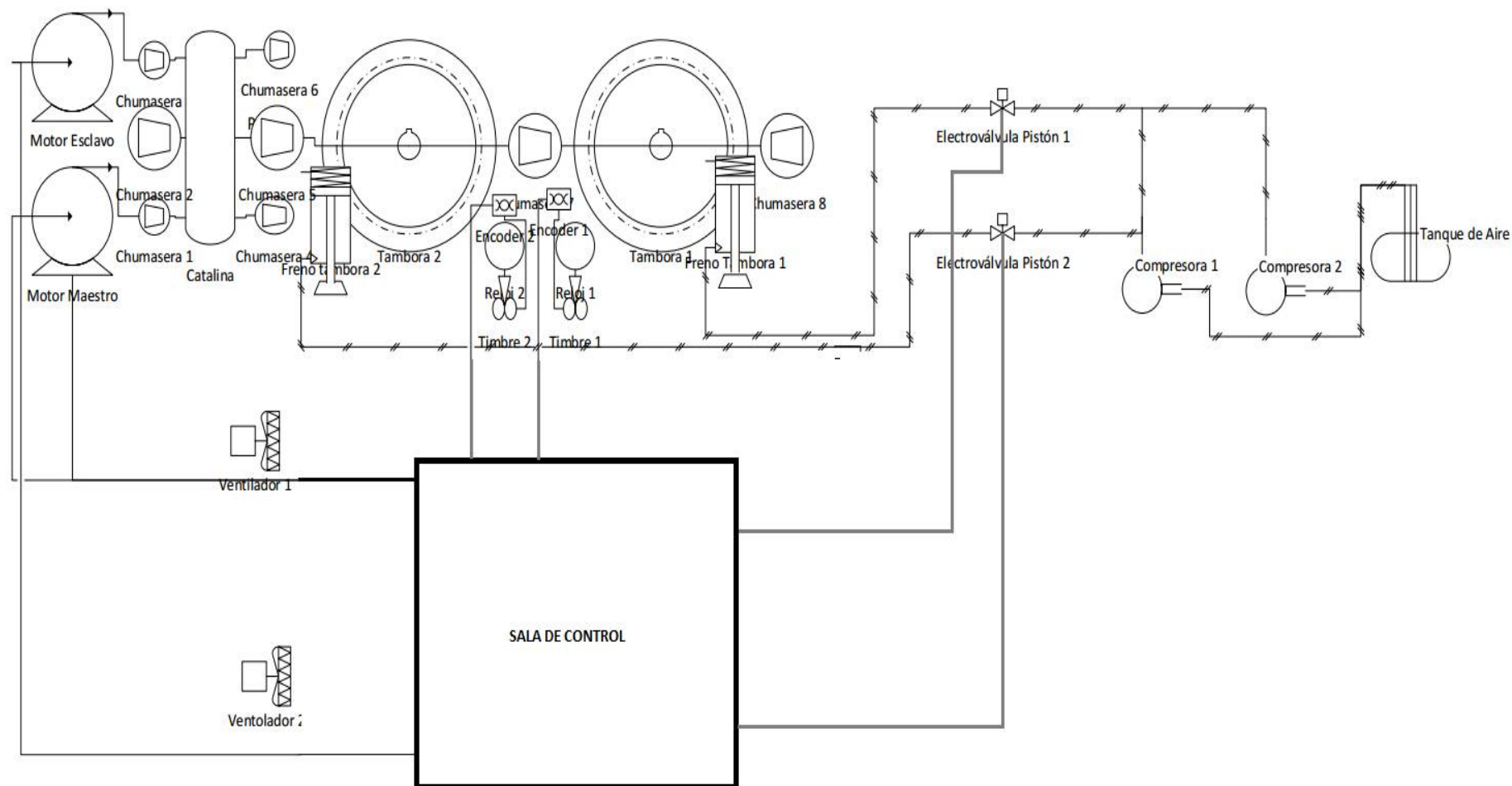


Figura 54

#### 4.8 DIAGRAMA DE CONTROL PROPUESTO

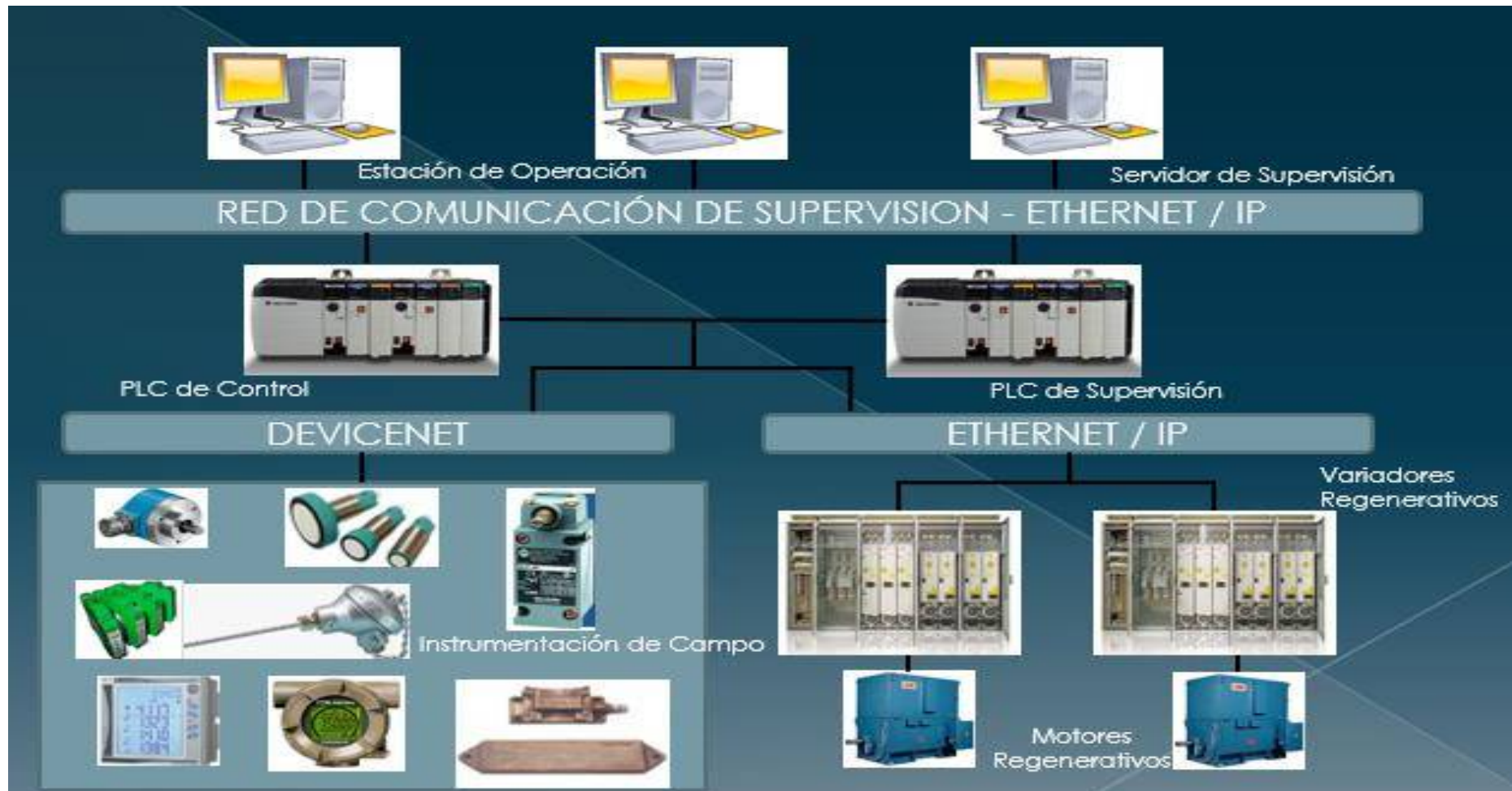


Figura 55

#### 4.9 SISTEMA DE ALARMAS ACTUALES EN EL SISTEMA DE IZAJE.

En el grafico se observa la interconexión de alarmas entre el sistema y el operador.

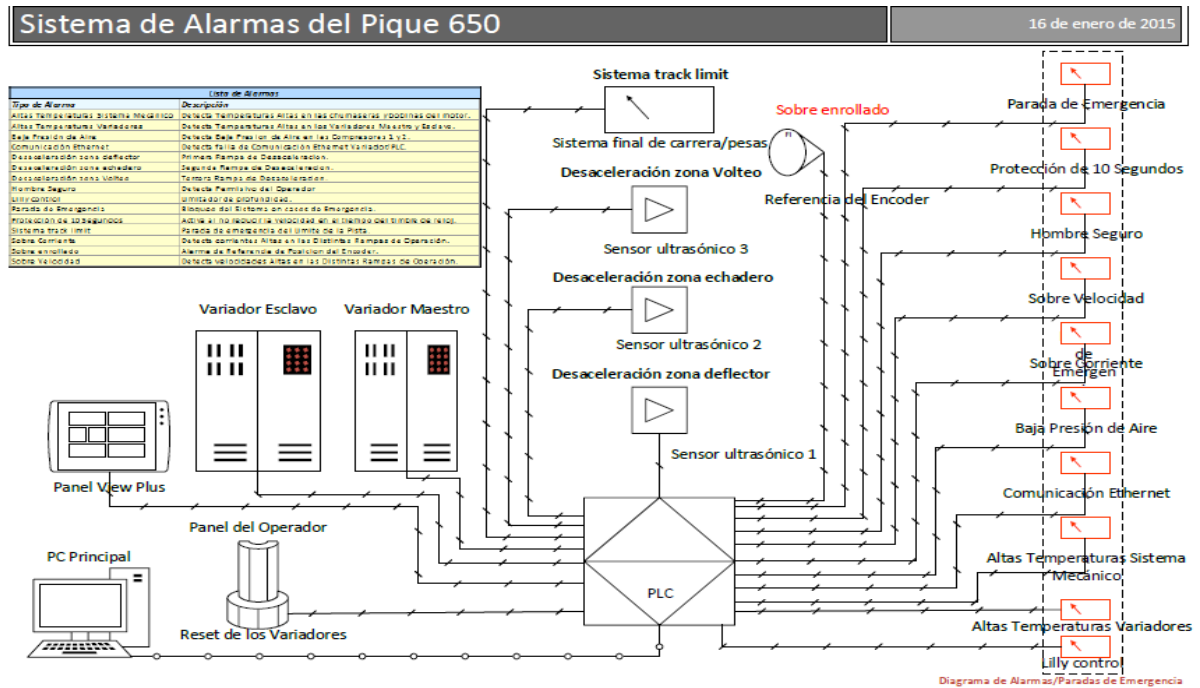


Figura 56



#### 4.10 SISTEMA DE CONTROL DE LA SUPERVISIÓN.

En el grafico se observa el diagrama físico y control entre el sistema de izaje y la supervisión.

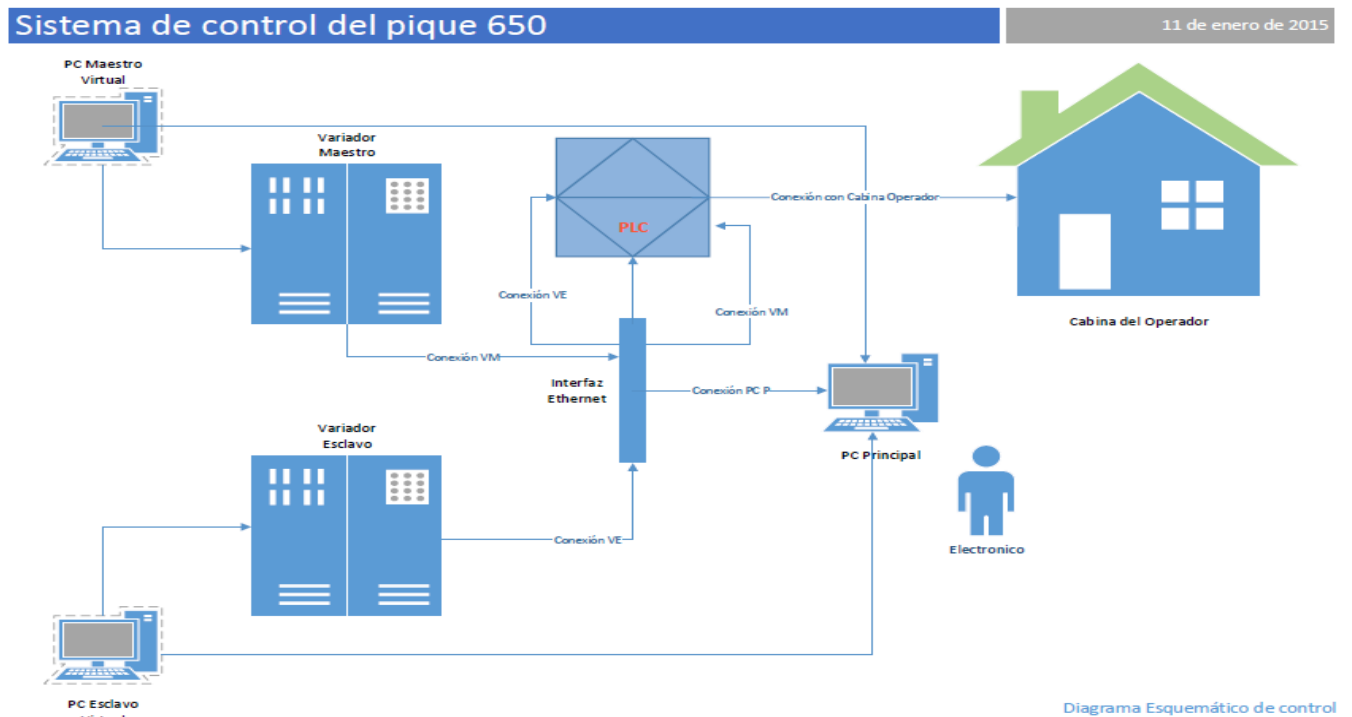


Figura 57



#### 4.11 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE CONTROL.

En el grafico se observa el diagrama de bloques del sistema de izaje.

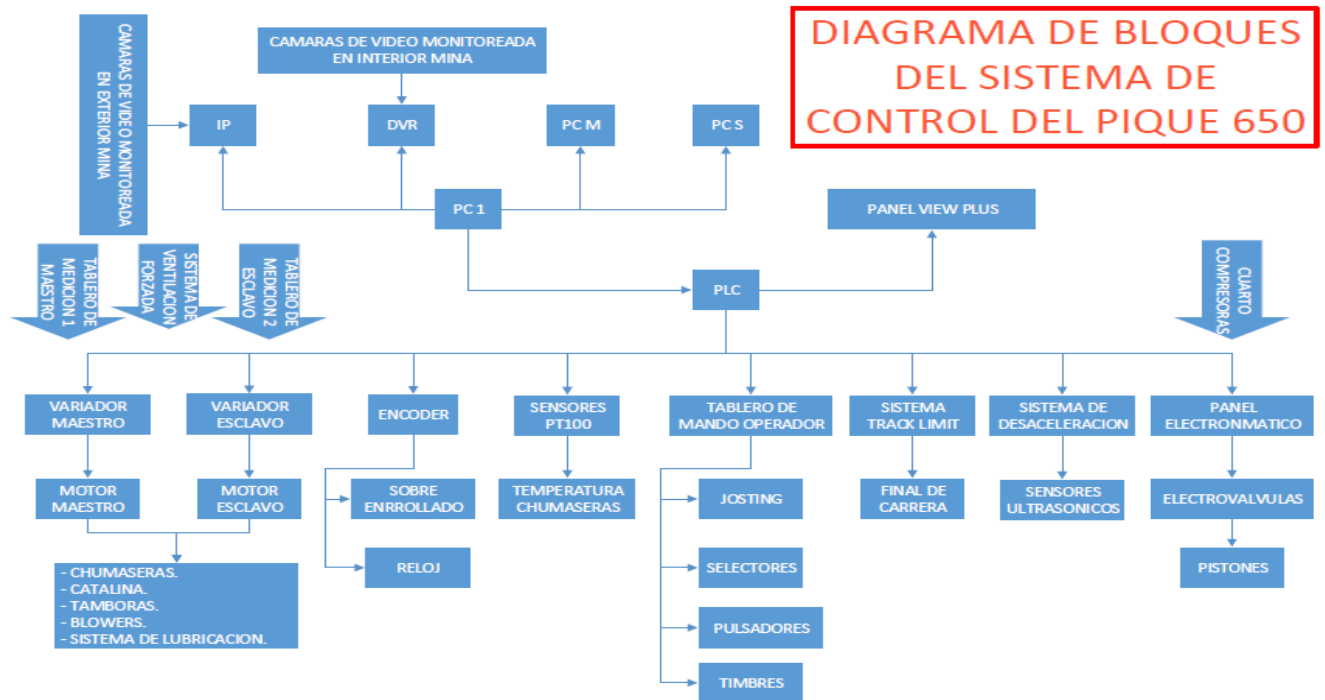


Figura 58

## 4.12 INTERFACES GRAFICAS DEL SISTEMA SCADA DEL SISTEMA DE IZAJE.

### 4.12.1 Estructuramiento de pantallas de visualización para la operación y supervisión

En la siguiente imagen presentamos, el estructuramiento de las pantallas del sistema scada, para la visualización del personal de operación y supervisión.

MODO NORMAL							
JAULA IZQ. SUPERIOR AL NIVEL 0	JAULA IZQ. SUPERIOR AL NIVEL 4	JAULA IZQ. SUPERIOR AL NIVEL 6	JAULA IZQ. SUPERIOR AL NIVEL 7	JAULA IZQ. SUPERIOR AL NIVEL 8	SKIP TAMBOR IZQUIERDO AL NIVEL 4	SKIP TAMBOR IZQUIERDO AL NIVEL 7	DESCARGA TAMBOR IZQ. AL NIVEL 8
JAULA IZQ. INFERIOR AL NIVEL 0	JAULA IZQ. INFERIOR AL NIVEL 4	JAULA IZQ. INFERIOR AL NIVEL 6	JAULA IZQ. INFERIOR AL NIVEL 7	JAULA IZQ. INFERIOR AL NIVEL 8	SKIP TAMBOR IZQUIERDO AL NIVEL 8		
JAULA DER. SUPERIOR AL NIVEL 0	JAULA DER. SUPERIOR AL NIVEL 4	JAULA DER. SUPERIOR AL NIVEL 6	JAULA DER. SUPERIOR AL NIVEL 7	JAULA DER. SUPERIOR AL NIVEL 8	SKIP TAMBOR DERECHO AL NIVEL 4	SKIP TAMBOR DERECHO AL NIVEL 7	SKIP TAMBOR DER. AL NIVEL DESCARGA
JAULA DER. INFERIOR AL NIVEL 0	JAULA DER. INFERIOR AL NIVEL 4	JAULA DER. INFERIOR AL NIVEL 6	JAULA DER. INFERIOR AL NIVEL 7	JAULA DER. INFERIOR AL NIVEL 8	SKIP TAMBOR DERECHO AL NIVEL 8	MOSTRAR ALARMAS	MOSTRAR NIVELES

MODO ALARMAS							
PARADA DE EMERGENCIA	HOMBRE SEGURO	SOBRE CORRIENTE	ALTA TEMPERATURA	BAJA PRESION	LOOP BREAKER ABIERTO	TRACK LIMIT ARRIBA IZQUIERDO	TRACK LIMIT ARRIBA DERECHO
CABLE ROTO TAMBOR IZQUIERDO	CABLE ROTO TAMBOR DERECHO	SOBRE VELOCIDAD TAMBOR IZQ.	SOBRE VELOCIDAD TAMBOR DER.	FALLA TENSION 110VAC	FALLA TENSION 24VDC	TRACK LIMIT ABAJO IZQUIERDO	TRACK LIMIT ABAJO DERECHO
SOBRE ENROLLADO TAMBOR IZQ.	SOBRE ENROLLADO TAMBOR DER.						
SUB ENROLLADO TAMBOR IZQ.	SUB ENROLLADO TAMBOR DER.					MOSTRAR ALARMAS	MOSTRAR NIVELES

*Figura 59*

#### 4.12.2 Desarrollo de pantallas de visualización para la operación y supervisión

En las siguientes imágenes se presenta el desarrollo de las principales pantallas, donde se involucra el estado actual del sistema en tiempo real, para la visualización y control de operación y supervisión.

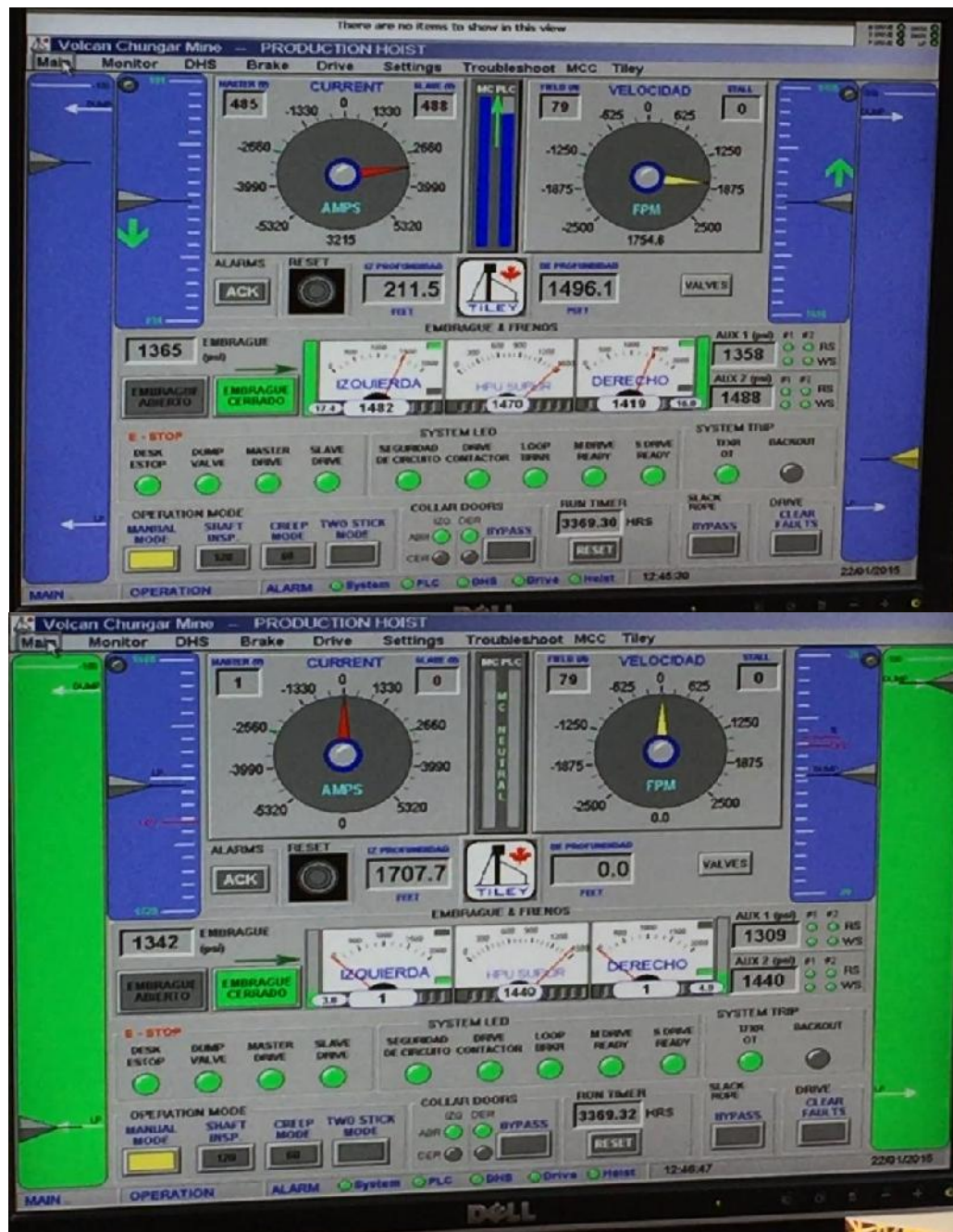


Figura 60-A (Visualización de parámetro corrientes y velocidad de los motores, posición de los skips izquierdo - derecho y estados actuales del sistema)





Figura 60-B (Visualización de pantallas de operación del porceso: 1 Señales analogas de control del winche, 2 Sistema de estado actual de tolvas de la zona de descarga, 3 Estado actual de operación del sistema)

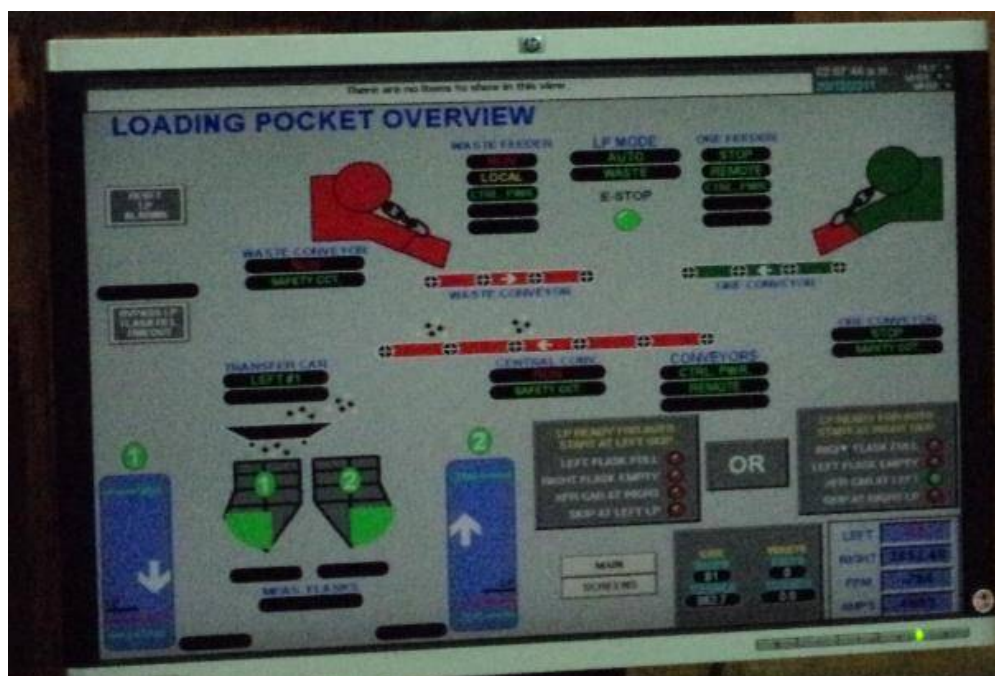


Figura 60-C (Visualización de pantallas parametros actuales de la zona de carguio mineral-desmorte, faja transportadora, tolvas electro-hidraulicas, zaranda vibratorias).

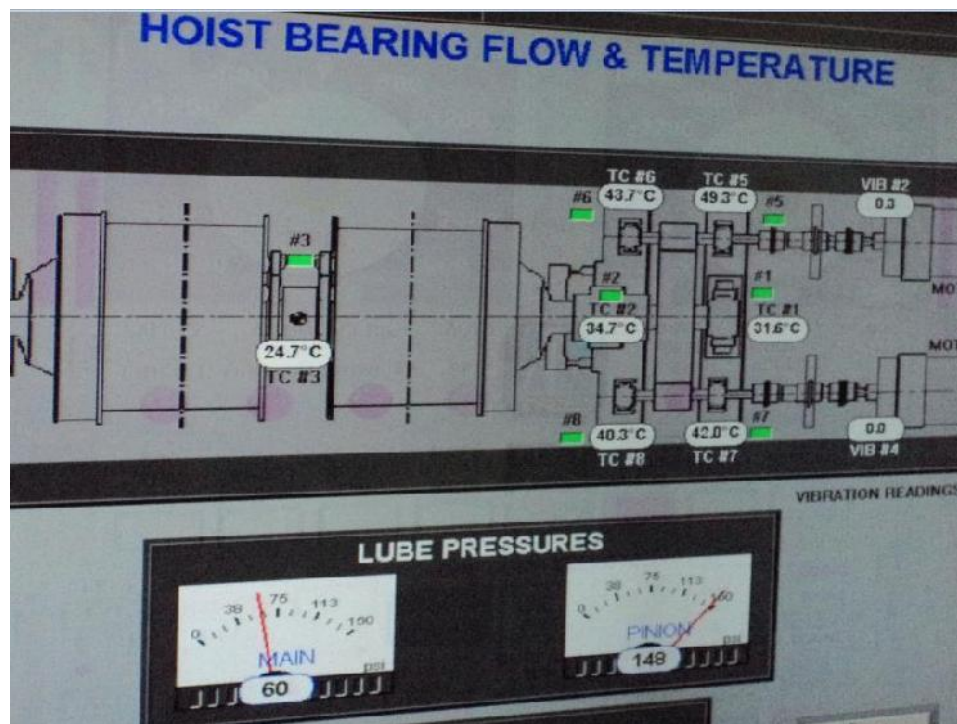


Figura 60-D (Visualización de pantallas de flujo y temperatura del aceite hidraulico en chumacera del winche).

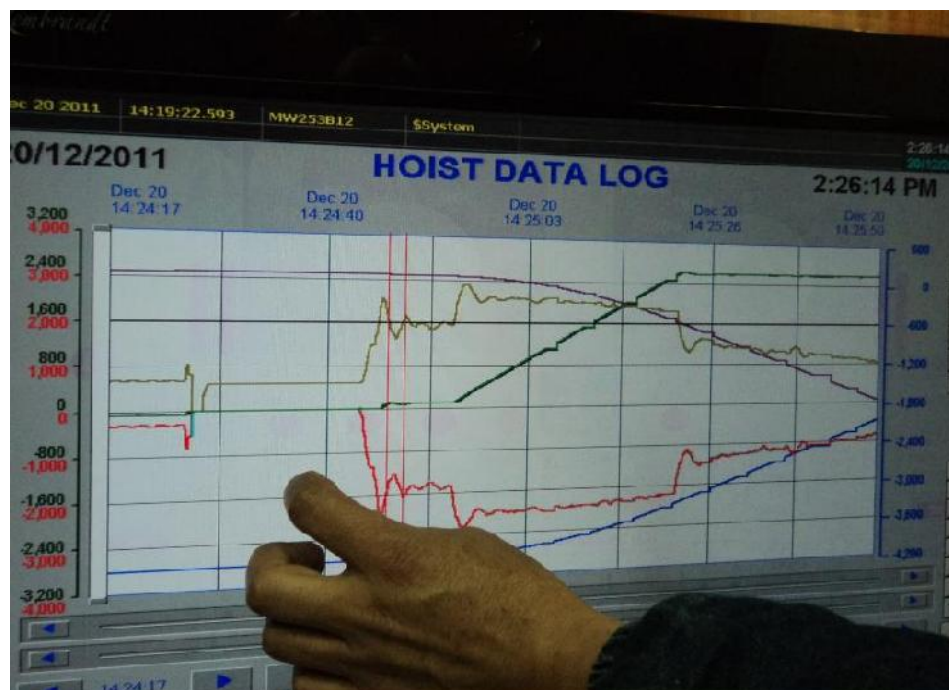


Figura 60-F (Visualización del ciclo de izaje de la velocidad vs. Corriente del winche).





*Figura 60-G (Visualización de parametros corriente, velocidad, posicion de skips y estado actual del sistema en izaje de personal).*



## **Capítulo 5**

# **EVALUACIÓN ECONÓMICA**





## 5.1 COSTOS DE HARDWARE Y SOFTWARE

### 5.1.1 Costos por la automatización del sistema.

Para realizar el control y automatización del sistema se utilizaron las siguientes componentes.

Casapalca 12' and 10' PLC common spare parts				
ITEM	DESCRIPCION	COSTO EN \$	CANTIDAD	VALOR EN \$
1	ALB - 1756-L63 LOGIX 5563 PROCESSOR 8 MB MEM	8,064.52	1	8,064.52
2	ALB - 1756-PC75 30-60VDC POWER SUPPLY	996.14	1	996.14
3	ALB - 1756-IB16 16 PT 24 VDC INPUT MODULE	316.49	1	316.49
4	ALB - 1756-IA16 16PT 120 VAC INPUT MODULE	409.88	1	409.88
5	ALB - 1756-0A16 16 PT 120/240 VAC OUTPUT MOD	575.89	1	575.89
6	ALB - 1492-1FM40E-F5120-4 MOD INTRFCE	346.58	1	346.58
7	ALB - 1492-CABLE005X ASSEMBLY CABLE	112.06	1	112.06
8	ALB - 1756-1E16 16 PT ANALOG INPUT MODULE	1,380.06	1	1,380.06
9	ALB - 1756-0W161 16 PT ISOL RELAY OUTPUT	555.14	1	555.14
10	ABSOLUTE ENCODER 7264	1,783.69	1	1,783.69
11	DIRECTIONAL ENCODER	1,098.71	1	1,098.71
12	JOYSTICK CONTROLLER	369.38	1	369.38
13	VWSTMENE RSVIEW - software for on site diagnosis	797.59	1	797.59
14	ALB - 2711P-K15C4D2 KEY ENET DC PS EXT MEM	7,317.14	1	7,317.14
15	Fuente de alimentación para Panel View 85-265 Vac,	265.60	1	265.60
16	Cable de programación RS232, 10 mts	129.40	1	129.40
17	Cable serial de comunicación ControlLogix 5000	64.50	1	64.50
18	Memoria RAM para Panel View 128 MB.	207.80	1	207.80
19	Memoria interna CompactFlash para Panel View Plus 128 MB.	360.70	1	360.70
20	ENCODER INPUT MODULE	3,125.00	1	3,125.00
21	Panel view Plus 1500	5,802.60	1	5,802.60
22	MEMORIA USB DONGLE- P/ACTIVACION DE LICENCIA	108.00	1	108.00
Grand Total En \$				34,186.87

Tabla 19



### 5.1.2 Costos de la implementación del sistema Scada.

Para realizar la implementación de sistema Scada se utilizaron los siguientes softwares y licencias.

Casapalca 12' and 10' SCADA common spare parts				
ITEM	DESCRIPCION	COSTO EN \$	CANTIDAD	VALOR EN \$
1	Software RSLogix 5000 para ControlLogix: - Concurrent License : 9324 RLD700NXxxF ENG Incluye: RS Logix 5000 Professional Edition, Node Locked : • RSLogix 5000 Professional Edition • 9355 -WABOEMENE (RSLinx Classic OEM) • 9357-CNETL3 (RSNetWorx for ControlNet) • 9357-DNETL3 (RSNetWorx for DeviceNet) • 9357-ENETL3 (RSNetWorx for EtherNet/IP • 9324-RLDMLPE (RSLogix 5000 Multi-Language Pack option (FBD, SFC, & ST) • 9324-RLDGLXE (RSLogix 5000 GuardLogix Safety Editor) • 9323-ATUNEENE (RSLogix 5000 PIDE Autotune) • 9310-WED200ENE (RSLogix Emulate 5000) • 9324-RLDPME (RSLogix 5000 PhaseManager) • 9326-LGXARCHENE (RSLogix Architect)	7,651.00	1	7,651.00
2	9 9509-USBDONG Rockwell Software Usb Dongle 1 109.00 109.00	109.00	1	109.00
3	10 1756-CP3 Cable serial de comunicación ControlLogix 5000 1 64.50 64.50	64.50	1	64.50
4	9701VWSB100AENE FT VIEW SE STATION 100 DISPLAY	3,500.00	1	3,500.00
5	software MACHINE RS VIEW MACHINE EDITTION CAT°9701	671.60	1	671.60
6	software FACTORYTALK HISTORIAN SITE EDITTION 250 DISPLAY	4,500.00	1	4,500.00
7	RS LINK SINGLE NODE INOLES	420.00	1	420.00
8	Curso: Factory Talk View ME and Pannel View Plus Programming	730.00	1	730.00
Grand Total En \$				17,646.10

Tabla 20



### 5.1.3 Costos de la implementación de alimentación eléctrica y protección.

Para realizar la implementación se utilizaron los siguientes componentes:

Casapalca 12' and 10' Proteccion Electric common spare parts				
ITEM	DESCRIPCION	COSTO EN \$	CANTIDAD	VALOR EN \$
1	ESTABILIZADOR FERRORESONANTE Potencia: 10 KVA Voltaje de entrada: 220 VAC, 1Ø Voltaje de salida: 208 VAC, 1Ø Frecuencia: 60 Hz Procedencia: USA	17,130.90	1	17,131.90
2	UPS DE GRADO INDUSTRIAL Potencia: 6KVA Tensión de Entrada: 220 Vac +/-15%, 1Ø. Tensión de Salida: 220 Vac +/-1%, 1Ø. Frecuencia: 60Hz Procedencia: USA	5,355.00	1	5,356.00
Grand Total En \$				22,487.90

Tabla 21

### 5.1.4 Costos de la implementación del sistema Ethernet.

Para realizar la implementación se utilizaron los siguientes componentes:

Casapalca 12' and 10' ETHERNET common spare parts				
ITEM	DESCRIPCION	COSTO EN \$	CANTIDAD	VALOR EN \$
1	SUMINISTRO DE TARJETA DE COMUNICACIÓN ETHERNET RETA-01	371.00	2	742.00
2	1783US06T01F STRATIX 2000 UNMANAGED ETHERNET SWITCH	323.00	2	646.00
3	PC Marca HP, IP5, SO: W7	1,500.00	2	3,000.00
Grand Total En \$				4,388.00

Tabla 22



**“AUTOMATIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE IZAJE POR WINCHES EN MINERÍA SUBTERRÁNEA DE LA COMPAÑÍA MINERA CASPALCA S.A.”**



**5.1.5 Costos de la implementación del sistema CCTV y acaparamiento eléctrico.**

Obs :


Equipo: -		EECOL ELECTRIC PERU S.A.C. O/C 20504644074 NRO				
CANT.	DESCRIPCION	ITEM	UBI/REQ.No	P.UNIT.	DSCTO	P.NETO
18	CAMARA INFRAROJA COLOR 1/3 SONY SUPER HAD CCD 540 TVL, 0.1 LUX, LENTE VERIFOCA 4-9 MM. FUENTE 12DC-	1	3/2010000530	234.4100		234.410
2	EQUIPO DVR P/VISUALIZACION DE 32 CAMARAS, SALIDA DE VIDEO VGA CINECTOR BNC,	2	3/2010000530	6564.2600		6564.260
2	ESPECIF: VIDEO IN (VNC), MONITOR LCD DE 19" MARCA SANSUNG MOD. STM-1912	3	3/2010000530	584.9600		584.960
18	TRANSMISOR ACTIVO UTP CAT5 1000MTS. 1 CH	4	3/2010000530	219.0000		219.0000
18	RECEPTOR ACTIVO UTP CAT5 1000 MTS 1 CH.	5	3/2010000530	219.0000		219.0000
1	UPS 4,8 KW 6KVA 1/1 220 VAC/60 HZ	6	3/2010000530	2187.5000		2187.5000
1	GAMATRONIC ESTABILIZADOR FERRORESONANTE MONOFASICO DE 6 KVA ENTRADA 220 VAC	7	3/2010000530	687.5000		687.5000
1	SALIDA 220 VAC 60 HZ	8	3/2010000530	224.2500		224.2500
10	ROLLO CABLE RG6 90% (305 MTS)	9	3/2010000530	93.0000		93.0000
4	CABLE STP CAT 5E	10	3/2010000530	90.0000		90.0000
150	CABLE BELDEN IBDN PLUS 25 PARES CAT 5E UTP N/PARTE 24576125 (RLLO. 305 MTS.)	11	3/2010000530	1.2500		1.2500
1	CONECTOR BNC RG6 P/CAMARAS DE SEGURIDAD PRENSABLE	12	3/2010000530	104.2500		104.2500
10	ROLLO DE CABLE COAXIAL RG6/U BELDEN N/P 7713A (152 MTS)	13	3/2010000530	51.3500		51.3500
25	MINITABLEROS METALICOS MARCA RITTAL DE 15 X 15 X 12 CM. CON PLACA BASE Y ACCESORIOS DE FIJACION	14	3/2010000530	14.7000		14.7000
2	CAJAS RECTANGULARES IP 55 - IK 07 DE 155 X 110 X 74 MM. DE PVC MARCA LEGRAND REF.092166	15	3/2010000530	130.5100		130.5100
15	TABLERO ELECTRICO METALICO DE 600 X 400 X 200 MM. MARCA HIMEL, MOD. CRN64/200	16	3/2010000530	89.6700		89.6700
2	TABLERO METALICO ESTANCO 400 X 300 X200 MM C/PLACA Y FIJACION	17	3/2010000530	4.0700		4.0700
16	RIEL DIN SIMETRICO DE ACERO ZINCADO Y CROMADO 35 MM (STANDAR)	18	3/2010000530	20.0000		20.0000
5	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2 X 6 AMP RIEL DIN 220 V	19	3/2010000530	15.0000		15.0000
2	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2 X 10 AMP. X 250 V.	20	3/2010000530	4.7000		4.7000
180	PEINE MONOFASICO DE 12 POLOS 63 AMP. 250 V.	21	3/2010000530	0.6700		0.6700
30	BORNERA MARCA LEGRAND 2.5 MM2	22	3/2010000530	0.2900		0.2900
40	TAPAS PARA BORNERA LEGRAND 2.5 MM2.	23	3/2010000530	1.7700		1.7700
15	TOPES PARA BORNERA LEGRAND 2.5 MM2.	24	3/2010000530	3.0800		3.0800
1000	PUENTE P/BORNERA LEGRAND DE 2.5 MM2.	25	3/2010000530	2.8500		2.8500
1200	TUBERIA FLEXIBLE GALVANIZADA CON FORRO DE PVC DE 3/4"	26	3/2010000530	4.3900		4.3900
120	TUBERIA FLEXIBLE DE F.G. C/FORRO DE 1" CONECTOR RECTO HERMETICO DE 3/4"(ARLINGTON)	27	3/2010000530	1.3200		1.3200
<b>TOTAL GENERAL</b>				Moneda :ME		42505.1300
<b>CONDICIONES DE PAGO</b>				FACTURA A 30 DIAS		

Tabla 23

## 5.2 ANALISIS DE COSTOS.

El presupuesto presentado fue realizado en 3 fases fue de 122, 384.00 dólares solo por equipo y considerando el desarrollo de la ingeniería de detalle y proceso a cargo del personal de área responsable.

En tal sentido el para la implementación del sistema estuvo a cargo el área de mantenimiento y energía, las compras y cotizaciones de los equipos a cargo del área del departamento de logística.



CASAPALCA  
COMPAÑIA MINERA S.A.

## PARAMETROS DE CALCULO

### PRECIO DE METALES - ACTUAL

Cobre 3.6365 US\$/Lb; 8,017 \$/Tm

Plomo 2,311 US \$/TM

Zinc 2,023 US \$/TM

Plata 31.86 US \$ Oz/TM

### VALORES UNITARIOS

Cu%	Pb%	Zn%	Oz Ag/t
50.578	12.429	9.27	20.183

### PRECIO DE METALES - CONSERVADOR

Cobre 2.95 US\$/Lb; 6,500 US\$/Tm

Plomo 1,900 US \$/TM

Zinc 1,900 US \$ /TM

Plata 20.00 US \$ Oz/TM

### VALORES UNITARIOS

Cu%	Pb%	Zn%	Oz Ag/t
41.03	10.22	8.71	12.67

*Figura 61*



## COTIZACION DE MINERALES

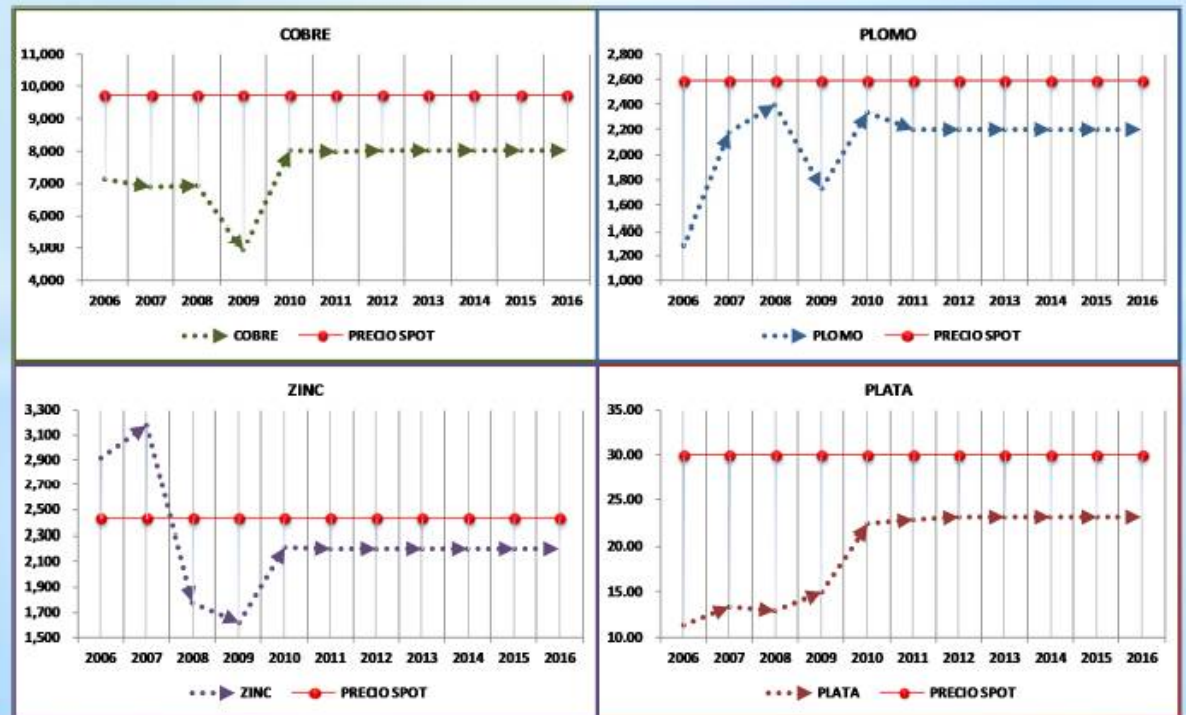


Figura 62





## PRODUCCION – BENEFICIOS Y COSTOS

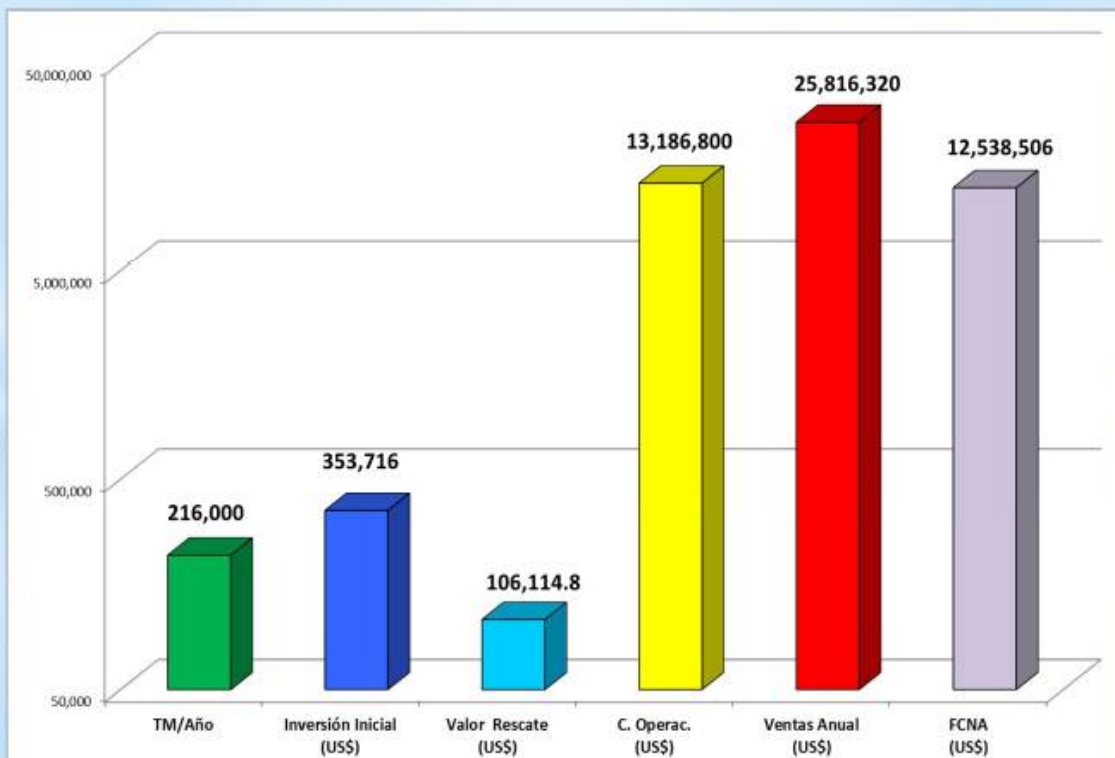


Figura 63

## EVALUACION FINANCIERA

**P** = Inversión Inicial Instalada = \$ 353,716  
**CO** = Costo de Operación Mina = \$ 13'197,600  
**V** = Venta Anual = \$ 25'812,000  
**VR** = Valor de Recuperacion 30% = \$ 106,114  
**n** = 5 años, duración del proyecto  
**i** = tasa de interes Anual 10%  
**FCN** = VAN= BAUE - CAUE  
**FCN** = Flujo de Caja Anual  
**BAUE** = Beneficio Anual Uniforme Equivalente  
**CAUE** = Costo Anual Uniforme Equivalente

$$BAUE = V + VR \left[ \frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$BAUE = 25'812,000 + 106,114 \left[ \frac{0.1}{(1+0.1)^5 - 1} \right]$$

$$BAUE = 25'812,000 + 17,381$$

$$BAUE = US\$ 25'829,38 //$$

*Figura 64*

## EVALUACION FINANCIERA

**P** = Inversión Inicial Instalada = \$ 353,716  
**CO** = Costo de Operación Mina = \$ 13'197,600  
**V** = Venta Anual = \$ 25'812,000  
**VR** = Valor de Recuperacion 30% = \$ 106,114  
**n** = 5 años, duración del proyecto  
**i** = tasa de interes Anual 10%  
**FCN** = VAN= BAUE - CAUE  
**FCN** = Flujo de Caja Anual  
**BAUE** = Beneficio Anual Uniforme Equivalente  
**CAUE** = Costo Anual Uniforme Equivalente

$$CAUE = P \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + C.O$$

$$CAUE = 353,716 \left[ \frac{0.1(1+0.1)^5}{(1+0.1)^5 - 1} \right] + 13'197,600$$

$$CAUE = 93'275 + 13'197,600$$

$$CAUE = US\$ 13'290,875 //$$

$$FCN = VAN = BAUE - CAUE$$

$$FCN_A = \$ 25'829,381 - \$ 13'290,875$$

$$FCN_A = US\$ 12'538,506 //$$

*Figura 65*

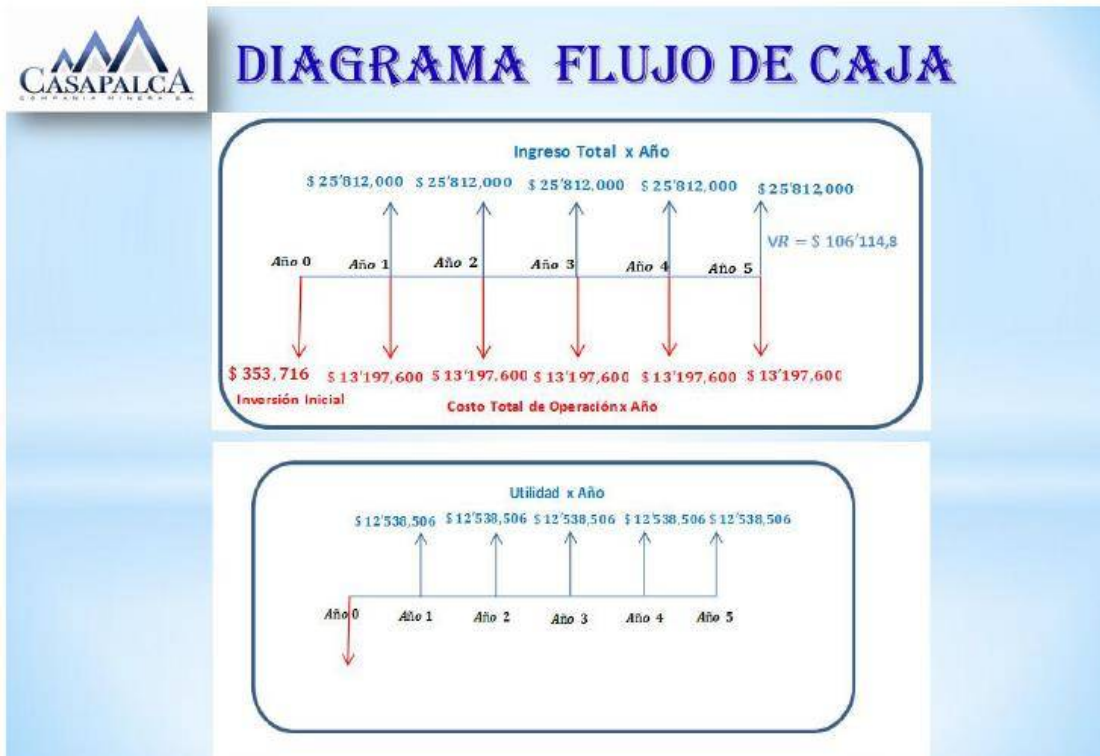


Figura 66

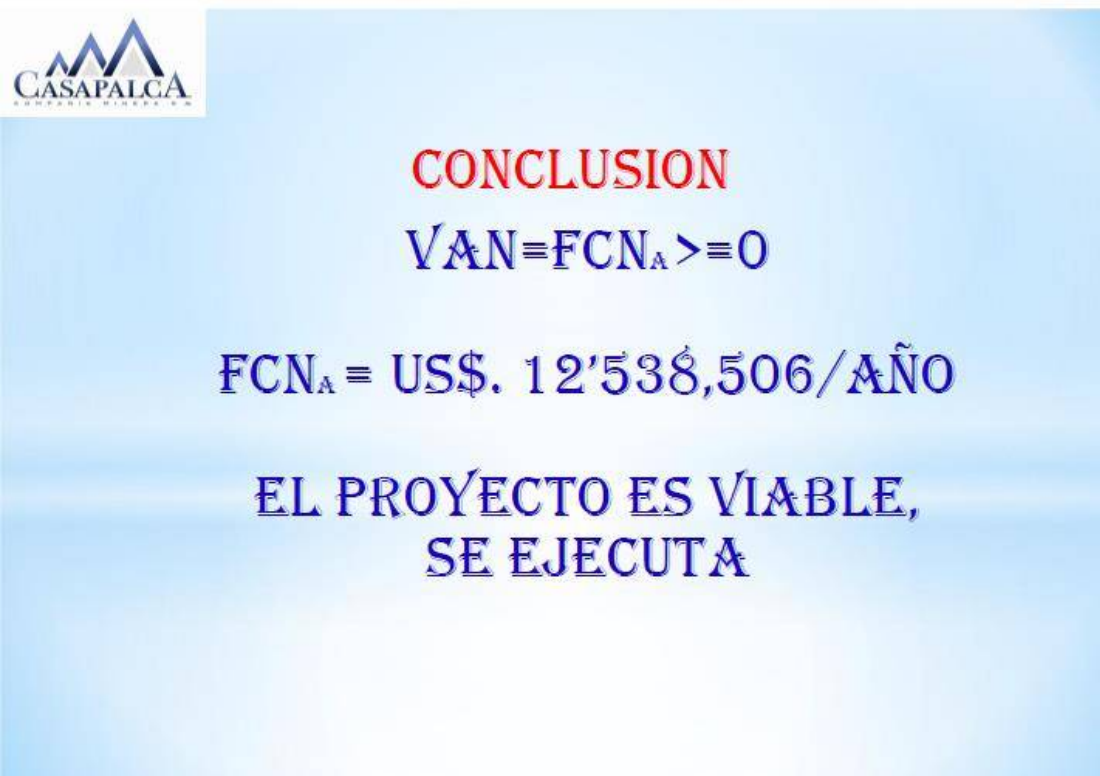


Figura 67



## **Capítulo VI**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## CONCLUSIONES

- 1 Con la automatización e implementación del sistema Scada, se logra mejorar el desempeño del winche de izaje de la empresa minera Casapalca.
- 2 Se logra disminuir el número de paradas del sistema no programadas, debido a los nuevos sistemas de protecciones de seguridad, mejor lazo de control y monitoreo en tiempo real de los parámetros eléctricos e instrumentación implementados.
- 3 Se logra un arranque más suave y estabilizado de 1900 Amp. a 750 Amp., logrando un ahorro de la energía eléctrica en un 50 % de su actual consumo.
- 4 Al seleccionar Variadores regenerativos (banco de condensadores en su bus DC), se reduce las paralizaciones del sistema frente a fluctuaciones de energía.
- 5 Se logra aumentar la producción en un 50% y la recuperación de la inversión para la implementación es en un tiempo de 5 años.
- 6 Con el nuevo sistema se logra obtener una base de datos los cuales son almacenados y reportados a las jefaturas mensualmente.



## RECOMENDACIONES

- 1 Generar plan de contención para actividades riesgosas.
- 2 Elaborar el nivel de criticidad para cada proceso.
- 3 Identificar a todos los interesados del proyecto con cargo, teléfono y nivel de influencia.
- 4 Generar la lista de materiales de cada proceso estimando los costos, tiempo y la calidad exigida a emplear.
- 5 Mitigar los riesgos asumidos por la tercerización de los trabajos.
- 6 Elaboración del organigrama para el proyecto, basado en las necesidades de las distintas áreas involucradas, la implementación del área de control de proyectos ayuda a realizar un seguimiento oportuno a todas las actividades, modificación y control documentario generados durante el normal desarrollo del proyecto
- 7 Tener teoría y práctica de las normas nacionales e internacionales que rigen las Instalaciones, así como el seguimiento de las buenas prácticas de la ingeniería con los instructivos de trabajo, proporcionan los bases necesarios para cumplir con los objetivos trazados del proyecto
- 8 Cabe indicar que el área de operaciones mina tiene un rol protagónico para el desarrollo del proyecto de tesis. Ya que mediante esa área se obtienen parámetros





de producción y ciclos de operatividad anuales importantes a considerar, para el buen desempeño del proyecto.

- 9 En la etapa inicial del proyecto o mejora a realizar, se recomienda que se elabore los costos totales del presupuesto, con la finalidad de asegurar el control efectivo en: Costos asignado al suministro de materiales, consumibles, las horas hombre y pruebas a realizar.
- 10 En un proyecto internacional de remodelación requiere planos de ingeniería de detalle para presupuestar, calcular los costos de ingeniería detalle ya que los planos de ingeniería básica no son suficientes. La “Guía de los fundamentos de la dirección de Proyectos” (Guía del PMBOK), permite tener control de calidad, tiempo y costos a lo largo del proyecto, Ayudo a mitigar los riesgos.



## **BIBLIOGRAFIA**



## BIBLIOGRAFÍA:

- Robert Peele (1941) – “Mining Engineers handbook”, tercera edición. Capítulo 12 págs. 02-131.
- Norman Brook (1971) – Mechanics of Bulk Materials Handling”. Capítulo 7, págs. 80-95. Capítulo 8, págs. 103-126.
- Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. (SME) – “SME Mining Engineering Handbook”
- Alejandro Novitsky (1965) – “Transporte y extracción en minas y a cielo abierto”. Parte I: Capítulo V, págs. 127-135. Parte II: Capítulo I, II y III, IX y X.
- Mario del Río Amezaga, Pontificia Universidad Católica del Perú – Sección Ingeniería de minas (2008) – “Apuntes del curso de minería subterránea”.
- Mario Cedrón Lassus, Pontificia Universidad Católica del Perú – Sección Ingeniería de minas (2008) – “Apuntes del curso de Transporte en minas”.
- Silvia Rosas Lizárraga, Pontificia Universidad Católica del Perú – Sección Ingeniería de minas (2007) – “Apuntes de clase de geología de minas”.
- Fernando Gala Soldevilla, Pontificia Universidad Católica del Perú – Sección Ingeniería de minas (2008) – “Apuntes de clase de valorización de minas”.
- [https://library.e.abb.com/public/6773f671f12118a6c1257c32003195a8/ES\\_ACS800singledrivescatalogRevO.pdf](https://library.e.abb.com/public/6773f671f12118a6c1257c32003195a8/ES_ACS800singledrivescatalogRevO.pdf)
- [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001\\_-es-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1756-um001_-es-p.pdf)
- [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td001\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td001_-en-p.pdf)



# ANEXOS